பொழுதுபோக்கு

இயற்பியல்



யா. பெரெல்மான்

பொழுதுபோக்கு இயற்பியல்

பாகம் 1

யா. பெரல்மான்



TABLE OF CONTENTS

Pozhuthupokku Eyatpiyal (in Tamil) Y. Perelman

Our First Published : August, 2019

Published by

BHARATHI PUTHAKALAYAM

7, Elango Salai, Teynampet, Chennai - 600 018

Email: thamizhbooks@gmail.com/www.thamizhbooks.com

பொழுதுபோக்கு இயற்பியல் யா. பெரெல்மான்

எமது முதல் பதிப்பு: ஆகஸ்ட், 2019

வெளியீடு:



பாரதி புத்தகாலயம்

7, இளங்கோ சாலை, தேனாம்பேட்டை, சென்னை - 600 018

தொலைபேசி : 044 24332424, 24332924, 24339024

ரூ.180/

அச்சு : மணி ஆப்செட், சென்னை - 600 053.

அத்தியாயம் ஒன்று: வேகம் இயக்கங்களின் தொகுப்பு

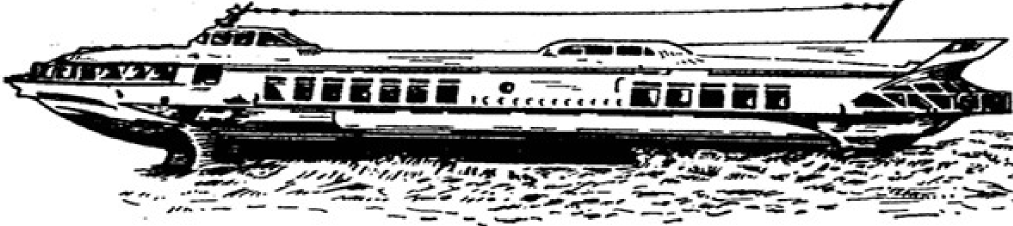
எவ்வளவு விரைவாக நாம் நகருகிறோம்?

நன்றாக ஓடுபவன் ஒருவனால் சுமார் 3 நிமிடம் 50 வினாடி நேரத்தில் 1.5 கிலோமீட்டர் தொலைவு ஓட முடியும். 1958 உலக சாதனை 3 நிமிஷம் 36.8 வினாடி. சாதாரண ஆள் நடக்கும்போது பொதுவாக ஒரு வினாடிக்கு 15மீட்டர் செல்கிறான். ஓடுபவனின் வேகத்தை வினாடி அலகில் குறிப்பிட்டால், ஒரு வினாடிக்கு அவன் ஏழு மீட்டர் கடக்கிறான் என்று ஆகிறது. எனினும் இவ்வேகங்களை அப்படியே ஒன்றொடொன்று ஒப்பிட்டுப் பார்க்கக் கூடாது. ஏனெனில் நடந்து செல்லுகையில் பலமணி நேரத்திற்கு மணிக்கு 5 கி.மீ. வேகத்தில் நீங்கள் நடக்க முடியும். ஆனால் ஓடுபவன் ஒரு குறுகிய நேரத்திற்குத்தான் ஒரே வேக்ததில் ஓட முடியும். தரைப்படை துரித நடையில் செல்லும் போது அதன் வேகம் ஓடுபவனின் வேகத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்குதான்; வினாடிக்கு 2 மீட்டர் அல்லது மணிக்கு ஏறத்தாழ 7 கிலோமீட்டர்தான். ஆனால் அப்படை வீரர்களால் மிக அதிகத் தொலைவு செல்லமுடியும்.

உங்களது சாதாரண நடையின் வேகத்தை மெல்ல ஊர்வதற்குப் பேர்போன நத்தையின் அல்லது ஆமையின் “வேகத்துடன்” ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பது நிச்சயமாய் உங்களுக்கு வேடிக்கையாயிருக்கும். நத்தையின் வேகம் வினாடிக்கு 15 மி.மீ அல்லது மணிக்கு 5.4மீட்டர் - உங்களது வேகத்தைவிடச் சரியாக ஓராயிரம் மடங்கு குறைவானது! மெல்ல நகருவதற்குப் பேர்போன மற்றொரு பிராணியான ஆமையின் வேகமும் அதிகமல்ல. மணிக்கு 70 மீட்டர்தான்!

நத்தை, ஆமை ஆகியவற்றுடன் ஒப்பிட்டால் நீங்கள் விரைவாகச் செல்லக் கூடியவர்களே; ஆயினும், உங்களுடைய இயக்கத்தை நம்மைச் சுற்றிலுமுள்ள வேறு பல இயக்கங்களுடன் ஒப்பிட்டால், வேகத்தில் உங்களை மிஞ்சும் இயக்கங்கள் பலவும் இருக்கக் காண்பீர்கள். சமவெளிகளில் பாயும் பெரும்பாலான நதிகளின் வேகத்தை நீங்கள் சுலபமாக மிஞ்ச முடியும்; சாதாரணமாக வீசும் காற்றின் வேகத்திற்கு அதிகம் குறையாக வேகத்தில் நீங்கள் போக முடியும் என்பது உண்மைதான். ஆனால், வினாடிக்கு 5 மீட்டர் பறக்கும் பறவையை எட்டிப்பிடிக்க வேண்டும் என்றால் கீ என்னும் பனிச்சறுக்கு மிதியடிகளை அணிந்து கொண்டால்தான் உங்களால் அது சாத்தியமாகும். வேகமாகச்

செல்லும் குதிரைமீது சென்றால் கூட முயலையோ வேட்டை நாயையோ எட்டிப் பிடிக்க உங்காளால் இயலாது. விமானத்தில் சென்றால்தான் கழுகுடன் உங்களால் போட்டியிட முடியும்.

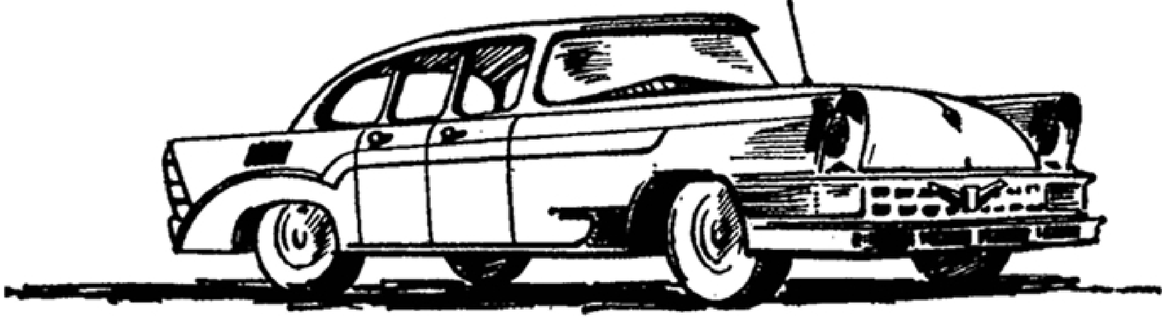


படம் 1. நீர்மூழ்கிச் சிறகுடைய அதிவேகப் பரியாணிக் கப்பல்

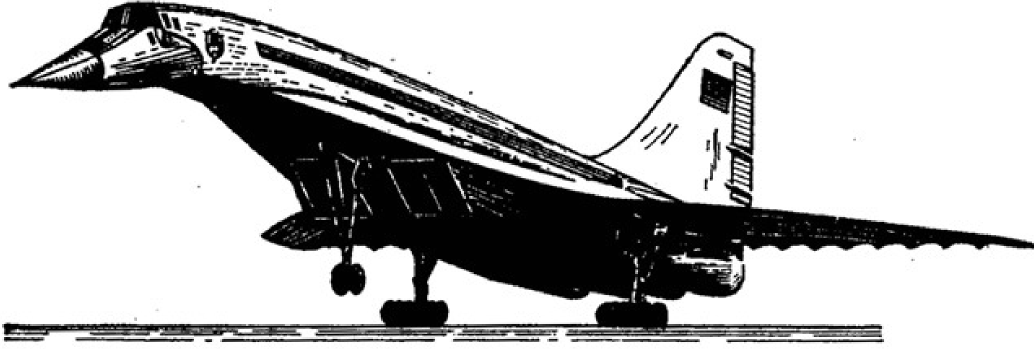
இருப்பினும், மனிதன் கண்டுபிடித்திருக்கும் இயந்திரங்கள் வேகத்தில் அவனை எதற்கும் இளைக்காதவானக்கியுள்ளன. மணிக்கு **60-70** கி.மீ. வேகத்தில் செல்லக்கூடியதும், நீர் மூழ்கிச் சிறகுடையதுமான சிலவிதப் பிராயாணிக் கப்பல்கள்

சில காலத்துக்கு முன்பு சோவியத் நாட்டில் படைக்கப்பட்டன (படம் **1**). நீரைவிட நிலத்தில் மனிதனால் அதிக வேகத்துடன் செல்ல முடியும். சோவியத் நாட்டின் சில ரயில் மார்க்கங்களில் பயணிகள் வண்டிகள் மணிக்கு **100** கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்கின்றன. புதிய சோவியத் **ZIL-111** (படம் **2**)

மோட்டார் **170** கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்லவல்லது. ஏழு பேர்களுக்காக "சாய்க்கா" மோட்டார் மணிக்கு சுமார் **160** கிலோமீட்டர் வேகமுடையது. நவீன விமானங்களின் வேகங்கள் இவ்வேகங்களையும் விட மிகவும் அதிகமாயுள்ளன. சோவியத் உள்நாட்டு விமானப் பாதைகளிலும், பல பிற நாட்டு விமானப் பாதைகளிலும் **TU-104, TU-114** என்னும் பயணி ஜெட் விமானங்கள் மணிக்கு சராசரி **800** கிலோமீட்டர் வேகத்தில் பறக்கின்றன. அண்மையில், விமான அமைப்பாளர்கள் "ஒலித்தடையைத்" தாண்டுவதற்கு,



படம் 2. ZIL-111 சோவியத் மோட்டார் கார்.



படம் 3. TU-144 ஜெட் விமானம்.

அதாவது வினாடிக்கு 330 மீட்டர் அல்லது மணிக்கு 1,200 கி.மீ. என்னும் ஒலியின் வேகத்தையும் கடந்த வேகங்களை அடைவதற்கு, முயற்சி செய்தனர். இன்று இது சாதிக்கப்பட்டுவிட்டது. மணிக்கு 2,500 கி.மு. வேகமுள்ள கூரு144 என்னும் புதிய ஜெட் விமானம் (படம் 3) சோவியத் கூட்டரசில் கட்டப்பெற்றுள்ளது. சக்திமிக்க ஜெட் இஞ்சின்களைக் கொண்ட சிறிய விமானங்கள் மணிக்கு 3,000 கி.மீ வேகத்தில் செல்லக்கூடியவை.

மனிதனால் செய்யப்பட்டவையும், இன்னமும் அதிக வேகங்களை உண்டாக்க வல்லவையுமான வாகனங்களும் இருக்கின்றன. முதல் சோவியத் பூத்னிகிக்னி துவக்க வேகம் வினாடிக்கு ஏறத்தாழ 8 கிலோமீட்டர். பிற்பாடு சோவியத் விண்வெளி ராக்கெட்டுகள்

தரைமட்டத்தில் வினாடிக்கு 11.2 கிலோமீட்டர் அளவுள்ள "தப்பும் வேகம்" என்பதையும் மிஞ்சிவிட்டன.

பக்கம் 12ல் உள்ள அட்டவணையில் வேகங்களைப் பற்றிய சில சுவையான புள்ளிவிவரங்களைப் பார்க்கலாம்.

காலத்தை எதிர்த்து ஓடுதல்

விளாதிவ தோக் நகரிலிருந்து காலை 8 மணிக்கு விமான மூலம் புறப்பட்டு, அதே நாளன்று காலை 8 மணிக்கே மாஸ்கோவில் இறங்க முடியுமா?

நான் புரியாமல் வேசுவதாக நினைக்க வேண்டும். அவ்வாறு நம்மால் செய்யமுடியும். விளாதிவ தோக், மாஸ்கோ பிரதேச நேரங்களிடை 9 மணி நேர வித்தியாசம் இருப்பதனால் அவ்வாறு செய்ய முடியும். இவ்வித நகரங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவை இந்த 9 மணி நேரத்தில் நமது விமானம் கடக்க முடியுமானால், விளாதிவ தோக்கிலிருந்து கிளம்பிய அதே நேரத்தில் அது மாஸ்கோவை அடைய முடியும். இத்தொலைவு சுமார் 9,000 கிலோமீட்டர்; எனவே, மணிக்கு 9,000:9=1,000 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் நாம் பறந்தாக வேண்டும். இந்த வேகம் இன்று சாத்யமானதே.

வடதுருவ மண்டல அட்சரேகைகளில் "சூரியனின் வேகத்தை மிஞ்ச வேண்டுமானால்" (அதாவது பூமியில் வேகத்தை மிஞ்ச வேண்டுமானால்) பெருமளவு மெல்லவே நாம் போகலாம். 77ஆவது அட்சரேகையில் (நோவயா ஸெம்ஸிலியா என்னும் தீவு இருக்கும் அட்சரேகையில்) மணிக்குக்

	வினாடிக்கு	மணிக்கு
நத்தை	1.5 மீட்டர்	5.4 மீட்டர்
ஆமை	20 மீ	7.2 மீட்டர்
மீன்	1 மீ	3.6 கி.மீ.

பாதசாரி	**1.4** மீ	**5** கி.மீ.
சிறுநடை போடும் குதிரை மீது	**1.7** மீ	**6** கி.மீ.
பெருநடை போடும் குதிரை மீது	**5** மீ	**12.6** கி.மீ.
ஈ	**5** மீ	**18** கி.மீ.
பனிச் சறுக்காளர்	**5** மீ	**30** கி.மீ.
பாய்ச்சலில் போகும் குதிரைமீது	**8.5** மீ	**58** கி.மீ.
நீர்மூழ்கிச் சிறகுடைய கப்பல்	**16** மீ	**58** கி.மீ.
முயல்	**18** மீ	**65** கி.மீ.
கழுகு	**24** மீ	**86** கி.மீ.
வேட்டை நாய்	**25** மீ	**90** கி.மீ.
ரயில் வண்டி	**28** மீ	**100** கி.மீ.
பயணிக் கார்	**50** மீ	**170** கி.மீ.
ரேஸ் கார் (ரிக்கார்ட்)	**174** மீ	**633** கி.மீ.
காற்றில் ஒலி	**330** மீ	**1.200** கி.மீ.
TU-144 ஜெட் விமானம்	**693** மீ	**2.500** கி.மீ.
பூமியின் சுழற் பாதை வேகம்	**30.000**	**108.000**

	மீ	கி.மீ.

கிட்டத்தட்ட 450 கிலோமீட்டர் வேகத்துடன் பறக்கும் விமானம், பூமியின் சுழற்றியின் போது (பூமி தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்ளும்போது) பூமியின் மீதுள்ள குறிப்பிட்ட ஒருபுள்ளி, குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எவ்வளவு தொலைவு நகருமோ, அதே தொலைவை அதே நேரத்தில் கடக்கும். அத்தகைய விமானம் ஒன்றில் நீங்கள் பிரயாணம் செய்தால் சூரியன் வானத்தில் அசையாது நிற்பதைப் பார்க்கலாம். உங்கள் விமானம் மட்டும் சரியான திசையில் போய்க் கொண்டிருந்தால், சூரியன் மறையவே மறையாது.

பூமியைச் சுற்றி வரும் சந்திரனின் வேகத்தை மிஞ்சுவது இன்னும் எளிது. சந்திரன் ஒரு முறை பூமியைச் சுற்றி வருவதற்கு பூமி தன்னைத் தானே ஒரு முறை சுற்றி வருவதற்காகும் நேரத்தைவிட 29 மடங்கு அதிக நேரம் ஆகிறது. (நாம் ஒப்பிடுவது “கோணக” வேகங்கள் எனப்படுபவைகளைத்தான்: “நீட்டல்” நேர்கோடு வேகங்களை அன்று). ஆகவே, மணிக்கு 25-30 கி.மீ. செல்லும் எந்தச் சாதாரணக் கப்பலும் மத்திய மண்டல அம்சரேககைளில்கூட சந்திரனின் வேகத்தை மிஞ்சும்படி செல்ல முடியும்.

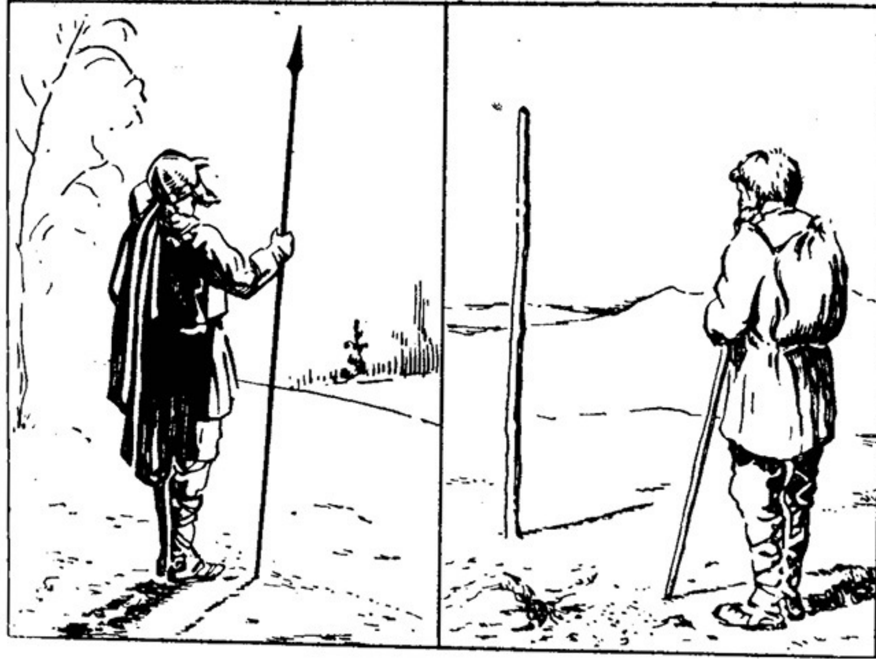
19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த புகழ்பெற்ற அமெரிக்க எழுத்தாளர் மார்க் ட்வைன் தமது அயல்நாட்டில் அப்பாவிகள் என்னும் நூலில் இதைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டிருக்கிறார். அட்லான்டிக் மாகாடலில், நியுயார்க்கிலிருந்து அஸோர் தீவுகளுக்குச் செல்லும்போது “...இதமான வேனிற்கால வானிலை இருந்தது. பகலைவிட இரவுகள் இனிமையாக இருந்தன. ஒவ்வோர் இரவிலும் குறிப்பிட்ட அதே நேரத்தில் வானில் குறிப்பிட்ட அதே இடத்தில் முழுமதியைக் கண்டோம். சந்திரன் இம்மாதிரி இருப்பதற்கான காரணம் முதலில் எங்களுக்கு விளங்கவில்லை. ஆனால் பிற்பாடு விளங்கிற்று; ஒவ்வொரு நாளும் 20 நிமிஷம், அதாவது சந்திரனுடனேயே இருக்கும்படியான அளவு நேரம் ஆதாயம் பெறும் படி நாங்கள் கிழக்கு நோக்கி விரைவாகச் சென்று கொண்டிருந்ததன் விளைவு என்பதைப் புரிந்து கொண்டோம்.”

வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு

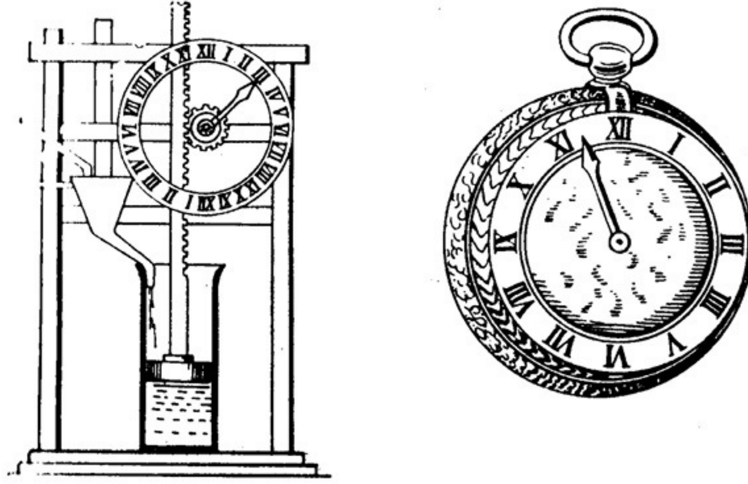
கால நோக்கில், மானிடர்களாகிய நமக்கு வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு என்பது ஒரு பொருட்டன்று. இவ்வளவு சிறிய நேர அளவுகளுக்குச்

சமீபத்தில்தான் முக்கியத்துவம் ஏற்படத் தொடங்கியுள்ளது. வானத்தில் சூரியன் இருக்கும் இடத்திற்கேற்பவோ, நிழலின் நீளத்திற்கேற்பவோ (படம் 4) மக்கள் நேரத்தை அளவிட்டு வந்தபோது, அவர்கள் நிமிஷங்களைப் பொருட்படுத்தவேயில்லை; அளவிடுவதற்குத் தகுதியுள்ளவையாகக்கூட அவற்றைக் கருதவில்லை. பண்டைக்கால வாழ்க்கையில் அவ்வளவு துரிதம் இல்லை; எனவே, சூரியக் கடிகாரங்கள், மணல் கடிகாரங்கள் முதலியவை போன்ற அக்காலத்திய நேரங்காட்டும் கருவிகளில் நிமிஷங்களைக் குறிப்பதற்கான தனிப்பிரிவுகள் எவையும் இருந்ததில்லை (படம் 5) நிமிஷ முள் 18ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில்தான் முதன்முதலில் தோன்றியது; வினாடி முள்ளோ 150 ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான் பழக்கத்திற்கு வந்தது.

மீண்டும், வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு நேரத்தைப் பற்றிக் கவனிக்கலாம். இந்த நேர அளவில் என்ன நிகழ முடியும்? உண்மையில், மிகவும் அதிகம்



படம் 4. சூரியனின் இடத்திற்கேற்பவும் (இடம்) நிழலின் நீளத்திற்கேற்பவும் (வலம்) நேரத்தைக் கணக்கிடுதல்.



படம் 5. பண்டைக்காலத்தில் நீர்க்கடிகாரமும் (இடம்) பழங்காலத்தில் பைக்கடிகாரமும் (வலம்). இரண்டிலும் நிமிஷ முள் இல்லை என்பதைக் கவனிக்கவும்.

நிகழ முடியும்! சாதாரண ரயில் வண்டி ஒன்று 3 செ.மீ.தான் செல்லும் என்பது உண்மையே. ஆனால் ஒலி 33 செமீ தொலைவும், விமானம் அனேகமாக ஒருமீட்டரும் சென்றுவிடும். சூரியனைச் சுற்றி இயங்கும் பூமி, அதனது சுழற்பாதையில் 30 மீட்டர் போயிருக்கும். ஒளியோ பெருந்தொலைவாகிய 300 கிலோமீட்டர் தொலைவைத் தாண்டியிருக்கும். நம்மைச் சுற்றிலும் உள்ள மிகச் சிறிய உயிரிகள் வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு நேரத்தைப் புறக்கணிக்கக்கூடியதாகக் கருதா-அவற்றால் எண்ண முடியுமானால்! பூச்சிகைளப் பொறுத்வரை, அது ஒரு கணிசமான நேர அளவாகும். ஒரு வினாடி நேரத்தில் கொசு தனது சிறகுகளை 500-600 தடவை அடித்துக் கொள்கிறது. எனவே, வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு நேரத்தில் அது தனது சிறகுகளை உயர்த்த அல்லது இறக்க முடியும்.

பூச்சிகளைப் போல் அத்தனை வேகமாக நம்மால் நமது உறுப்புக்களை அசைக்க முடியாது. கண்ணிமைப்பதுதான் நாம் அதிகபட்ச வேகத்துடன் செய்யும் செயல். இது மிகவும் விரைவாக நடைபெறுகிறது. நமது பார்வைப்புலம் தாற்காலிகமாக மறைக்கப்படுவதைக்கூட நாம் உணர முடிவதில்லை. ஆயினும், நம்ப முடியாத விளைவைக் குறிப்பிடுவதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் இந்தக் "கண்ணிமைப் பொழுது" என்பதை வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு அலகுகளில் அளந்ததால், கண்ணிமைப்பதும் தாமதச் செயலே ஆகும் என்பதைப் பலரும் அறியார். ஒரு முழு "கண்ணிமைப் பொழுது" என்பது கறாரான அளவீடுகள்

காண்பித்திருப்பது போல், வினாடியில் ஐந்தில் இரண்டு பங்கு நேர அளவு கொண்டதாகும்; அதாவது வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு அலகுகளில் 400 கொண்டதாகும். இச்செயலை மூன்று நிலைகளாகப் பிரிக்கலாம்; 1. கண்ணிமை கீழ்ப்புறம் செல்லுதல்-இதற்கு வினாடியில் ஆயிரத்தில் 75-90 பங்கு நேரம் ஆகிறது: 2. மூடிய கண்ணிமை அசையாதிருத்தல்இது வினாடியில் ஆயிரத்தில் 130-170 பங்கு நேரம் எடுத்துக் கொள்ளுகிறது: 3. கண்ணிமை மேற்புறம் எழும்புதல் இதற்காகும் நேரம் வினாடியில் ஆயிரத்தில் 170 பங்கு.

ஆகவே, இந்தக் "கண்ணிமைப் பொழுது" என்பது மிகுதியான ஒரு, காலப் பகுதியாகும்; அந்நேரத்தில் கண்ணிமை ஓய்வுகூட எடுத்துக் கொள்கிறது. வினாடியில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு நேரத்திலேயே நடபெறும் இயக்கங்களை மனத்தினால் படம் படிக்க முடியுமானால், "கண்ணிமைப் பொழுதில்" கண்ணிமையின் இரண்டு மிருதுவான இயக்கங்களையும், நடுவில் கண்ணிமை ஓய்வு எடுத்துக் கொண்டிருப்பதையும் பதிவு செய்ய முடியும்.

பொதுவாகக் கூறினால், அத்தகைய ஒன்றைச் செய்யக்கூடிய ஆற்றல் கிடைத்துவிட்டால், நம்மைச் சுற்றிலுமுள்ள உலகின் தோற்றம் முற்றிலும் மாறுபட்டுக் காட்சியளிக்கும்; ஆங்கில எழுத்தாளர் எச்.ஜி. வெல் தமது **"புதிய வளர்வேமூட்டி"** என்னும் கதையில் விவரித்திருக்கும் விந்தையான காட்சிகளை நாம்புரிந்து கொள்ளுவோம். வியப்பான ஒரு கலவையைக் குடித்ததானல் விரைவான இயக்கங்களைக் கூட தனித்தனியான பல்வேறு நிலைத்தோற்றங்களாகக் காண முடிந்தவரைப் பற்றிய கதை அது. அதிலிருந்து சில பகுதிகள்:

"சன்னலின் முன்பாக உள்ள திரை இவ்வாறு பொருத்தப்பட்டிருப்பதை இதற்குமுன் பார்த்திருக்கிறீர்களா?"

"அவன் கண்கள் சென்ற திசையில் நான் நோக்கினேன்; திரையின் நுனி உயர்ந்தெழுந்து காற்றில் அடித்துக் கொள்ளும் நிலையில் உறைந்திருப்பது போல் தென்பட்டது.

"இல்லையே. விசித்திரமாக இருக்கிறதே!" என்றேன்.

"இதோ பாருங்கள்" என்று சொல்லி, டம்பளர் ஒன்றை வைத்துக் கொண்டிருந்த கையை அவன் விரித்தான். டம்ளர்கீழே விழுந்து தூளாகப் போகிறது என்றெண்ணி, நான் துணுக்குற்றேன். ஆனால், தூளாவது ஒரு புறம் இருக்கட்டும். அது அசையக்கூட இல்லை; அப்படியே

அந்தரத்தில்அசையாமல் நின்றது! கிபர்ன் கூறினான்: 'மொத்தமாகச் சொன்னால், இந்த அட்சரேகையில் ஒரு பொருள் ஒரு வினாடியில் 165 அடி விழுகிறது. ஆனால், வினாடியில் நூறில் ஒரு பங்கு நேரம்கூட இது இன்னமும் விழவில்லை. (ஒரு பொருள், இங்கு டம்பளர், கீழே விழும்போது, முதல் வினாடியின் முதல் 'நூறில் ஒரு பங்கு' நேரத்தில் அது கடப்பது அத்தொலைவில் நூறில் ஒரு பங்கு அன்று : [S = 1/2 gt2 என்னும் சூத்திரத்திற்கு இணங்க) பதினாயிரத்தில் ஒரு பங்கே ஆகும். இது 0.5 மில்லிமீட்டர்தான்; வினாடியில் முதல் 'ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு' நேரத்லே அத ன அளவு 0.01 மில்லிமீட்டரே.

"எனது வளர்வேகமூட்டயின் திறனை இப்போது நீங்கள் புரிந்து கொள்ளலாம்!" மெல்ல நிதானமாக விழுந்து கொண்டிருக்கும் டம்ளரின் மேலும் கீழுமாகத் தனது கையை அவன் மீண்டும் மீண்டும் வட்டமாகச் சுற்றினான்.

"கடைசியாக, அதன் அடியைப் பிடித்து, அதைக் கீழே இழுத்து மேசையின் மீது கவனமாய் வைத்தான். 'என்ன?' என்று என்னைப் பார்த்துச் சொல்லிவிட்டுச் சிரித்தான்...

"சன்னலுக்கு வெளியே பார்த்தேன். குனிந்த முதுகும் இயக்கும் சக்கரத்திற்குப் பின்னால் உறைந்த தூசியுமாய், நகராமலிருந்து சைக்கிளில் சவாரி செய்த ஒன்றை எட்டிப்பிடிக்கச் சிரமப்பட்டுக் கொண்டிருந்தான்...

"கதவைத் திறந்து கொண்டு சாலைக்குச் சென்றோம். சிலையாய் அசைவற்று இருந்த போக்குவரத்தை உன்னிப்பாய்க் கவனித்தோம். வண்டியில் சக்கரங்களின் மேலுச்சி, குதிரைகளின் கால்களில் சில, சாட்டையின் நுனி, அப்போதுதான் கொட்டாவி விட ஆரம்பித்திருக்கும் கண்டக்டரின் கீழ்த்தாடை ஆகியவை இயக்கத்தில் இருப்பது கண்ணுக்குப் புலனாயிற்று. ஆனால் வேறு எதுவும் அசைவதாய்த் தெரியவில்லை. ஓர் ஆளின் தொண்டையிலிருந்து கிளம்பிய மெல்லிய கரகரப்பைத் தவிர வேறு சத்தமே இல்லை. உறைந்ததுபோல் காட்சியளித்த இந்த வண்டியில் ஒரு டிரைவர், ஒரு கண்டக்டர், மற்றும் பதினொரு பேர் இருந்தனர்...

"சிவந்த முகமுடைய ஒருவன் காற்றை எதிர்த்துத் தனது செய்தித்தாளைச் சிரமப்பட்டு முடிக்க முயலும் நிலையில் உறைந்து காணப்பட்டார்; மந்த நிலையிலருந்த இவர்கள் அவனைவரிடையேயும் கடுமையான காற்று வீசும் சான்றுகள் பல தென்பட்டன; ஆனால்,

எங்களுடைய புலன்களைப் பொறுத்தவரை, அக்காற்று இருப்பதை நாங்கள் உணர முடியவில்லை...

"அக்கலவை என் இரத்த நாளங்களில் செயல்படத் தொடங்கியது முதல் நான் கூறியது, நினைத்தது, செய்தது, அனைத்துமே, அவ்வாட்களைப் பொறுத்தவரை, பொதுவாக உலகத்தைப் பொறுத்தவரை, இமைப்பொழுதின் நடந்தவை ஆகும்..."

நவீன அறிவியல் இன்று அளக்கக்கூடிய குறைந்தபட்ச நேர அளவைத் தெரிந்து கொள்ள விரும்புகிறீர்களா? இந்நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் அது வினாடியில் 10,000த்தில் ஒரு பங்காக இருந்தது; இன்றோ, இயற்பியலாளர்களால் வினாடியில் 10,000 கோடியில் ஒரு பகுதியை அளக்க முடியும்; அதாது 3,000 ஆண்டுகளைவிட ஒரு வினாடி எவ்வளவு சிறியதோ, ஒரு வினாடியைவிட அதே அளவில் சிறயதான நேர அளவைவையும் அளந்துவிட முடியும்.

மெல்ல இயங்கும் திரைப்படக் காமிரா

எச்.ஜீ. வெல் அந்தக் கையை எழுதிக் கொண்டிருந்தபோது; தாம் எழுதிக் கொண்டிருந்ததைப் போன்றது பிற்காலத்தில் நடக்கக்கூடியது என்னும் எண்ணம் அவருக்கு இல்லை. எனினும், தாம் ஒரு சமயம் கற்பனை செய்த காட்சிகளை அவர் கண்கூடாகவே கண்டார். அதைச் சாத்தியமாக்கியது மெல்ல இயங்கும் திரைப்பட காமிரா. சாதாரணத் திரைப்படக் காமிராக்களை வினாடிக்கு 24 படங்களை எடுப்பதை போலல்லாது, இப்புகைப்படக் காமிரா பல மடங்கு அதிகப்படங்களை எடுக்கிறது. இம்மாதிரி தயாரிக்கப்பட்டபடச் சுருள் ஒன்றை வினாடிக்கு 24 படங்கள் என்னும் வேகத்தில் திரியில் காட்டும்போது, சாதாரண நிகழ்ச்சிகள் மிகமிக மெல்ல நடப்பதாகத் தோன்றுகின்றன; எடுத்துக்காட்டாக, உயரம் தாண்டுதல் மிகமிக மெதுவாக நிகழ்வதுபோல் தோன்றுகிறது. இன்னம் சிக்கலான மெல்ல இயங்கும் புகைப்படக்கருவி வகைகள்கூட ஏறக்குறைய எச்.ஜீ. வெல்ஸின் கற்பனையை ஒத்தனவாகவே இருக்கும்.

எப்பொழுது நாம் மிக வேகமாய்ச் சூரியனைச் சுற்றுகிறோம் - பகலிலா இரவிலா?

"மலிவான கட்டணத்துக்கு இனிய பயணம், 25 காசு தான்" என்பதாய் முன்பு ஒரு சமயம் பாரி செய்தியேடுகளில் ஒரு விளம்பரம்

வெளியாகியிருந்தது. இதை நம்பியோர் சிலர் அத்தொகையை அனுப்பி வைத்தார்கள். அவர்களுக்குக் கிடைத்த பதில் வருமாறு:

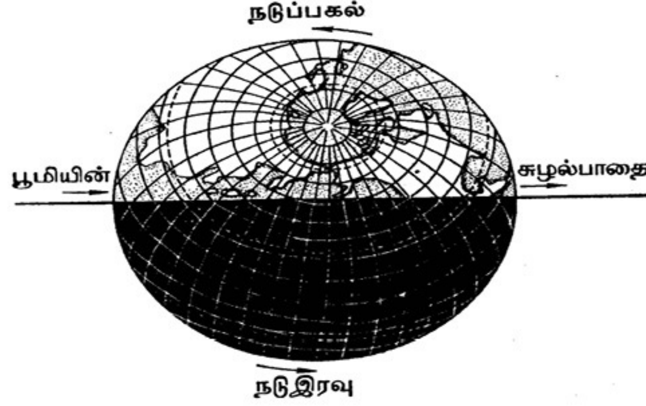
“ஐயா, படுக்கையில் அமைதியாக இருங்கள்; பூமி சுழலுவதை நினைவு வைத்துக் கொள்ளுங்கள். பாரி இருக்கும் 49ஆவது அட்சரேகையில் நீங்கள் ஒரு நாளில் 25,000 கிலோமீட்டருக்கும் அதிகமாகப் பயணம் செய்கிறீர்கள். நல்ல காட்சி காண விரும்பினால் திரையை விலக்கிவிட்டு நட்சத்திரங்கள் நிறைந்த வானைப் பார்த்து மகிழுங்கள்!”

இந்த விளம்பரத்தை வெளியிட்டவன் மோசடிக் குற்றத்திற்கான விசாரணை செய்யப்பட்டான். தண்டனைத் தீர்ப்பை அமைதியாகக் கேட்டு, விதிக்கப்பட்ட அபராதத் தொகையைச் செலுத்தியபின், குற்றவாளி முன்பு கலிலியோ என்னும் விஞ்ஞானி கூறிய வண்ணம் “நிச்சயமாய்ச சுழலவே செய்கிறது” என்று நாடகபாணியில் சொன்னார்.

ஓரளவுக்கு அவன் சொல்லியது சரிதான். பூமியின் மீதுள்ள ஒவ்வொருவனும் பூமி தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொள்கையில் பயணம் செய்வதோடு, பூமி சூரியனைச் சுற்றுகையிலும் அதிக வேகத்துடன் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறான். ஒவ்வொரு வினாடியும் நமது பூமி, நம்மையும் அதன் மீதுள்ள ஒவ்வொன்றையும் சுமந்துகொண்டும் தன்னைத்தானே சுற்றிக் கொண்டும் அண்டவெளியில் 30 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செல்கிறது. இதுகுறித்து சுவையான கேள்வி ஒன்று எழுகிறது. சூரியனை எப்போது நாம் மிகவும் வேகமாய்ச் சுற்றுகிறோம் பகலிலா, இரவிலா?

சற்றுப் புதிராக இருக்கிறது, இல்லையா? என்ன இருந்தாலும், பூமியின் ஒரு பாதியில் பகல், மறு பாதியில் இரவு. இருப்பினும் என் கேள்வியை அர்த்தமற்றதாய்த் தள்ளிவிடாதீர்கள். நான் கேட்பது பூமியே எப்போதும் அதிக வேகமாய்ச் சுற்றகிறது என்பதற்கு, பூமியின் மீது வசிக்கும் நாம் விண்ணில் அதிக வேகமாய்ச் செல்வது எப்போது என்பதுதான்.

சூரிய மண்டலத்தல் நமக்கு இருவகை இயக்கங்கள் உள்ளன: சூரியனைச் சுற்றுகிறோம்; அதே சமயத்தில் பூமியின் அச்சை மையமாய்க் கொண்டு சுழலுகிறோம். இவ்விரு இயக்கங்களும் சேர்வதன் விளைவுகள் நாம் வெளிச்சமான பகல் பகுதியில் இருக்கிறோமா, இரண்டு இரவுப் பகுதியில் இருக்கிறோமா என்பதைப் பொறுத்திருக்கின்றன.



படம் 6. சூரிய வெளிச்சமுள்ள பகுதியைவிட இருண்ட பகுதியில் மிக வேகமாய் நாம் சூரியனைச் சுற்றுகிறோம்.

படம் 6ஐக் கவனித்தால், நடு இரவில் சுழற்சியின் வேகம் பூமியின் (சூரியனைச் சுற்றி வரும்) பெயர்ச்சி இயக்கத்தின் வேகத்தோடு **கூடுவதையும்,** மாறாக, நடுப்பகலில் அது பிந்தையதிலிருந்து **கழிக்கப்படுவதையும்** புரிந்து கொள்ளலாம். ஆகவே **சூரிய மண்டலத்தில் நடுப்பகலைவிட நடு இரவில் நாம் அதிக வேகமாய்ச் செல்கிறோம்.** மத்தியரேகையில் உள்ள எந்த இடமும் வினாடிக்கு ஏறத்தாழ அரை கிலோமீட்டர் நகருவதால், அவ்விடத்தில் நடுப்பகல் வேகத்திற்கும் நடு இரவு வேகத்திற்குமுள்ள வித்தியாசம் வினாடிக்கு ஒரு முழு கிலோமீட்டர் ஆகிறது.

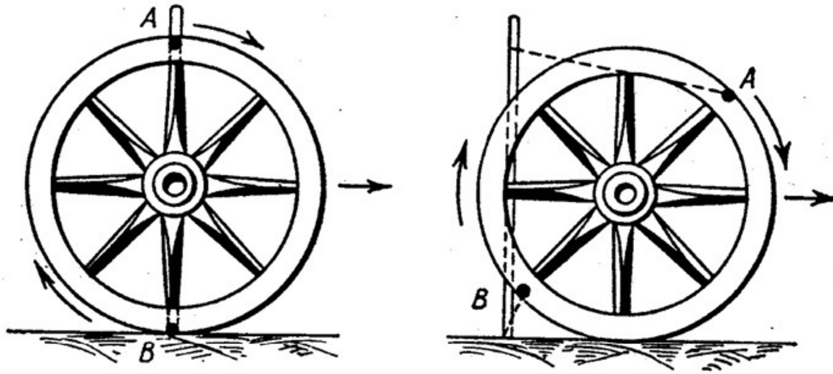
வண்டிச் சக்கரத்தின் புதிர்

வண்டி அல்லது சைக்கிளினுடைய சக்கர விளிம்பின் மேல் வர்ணக் காகிதப் பட்டை ஒன்றைப் பொருத்தவும். பிறகு, வண்டி நகரும் போது என்ன நிகழ்கிறது என்பதைக் கவனித்துப் பார்க்கவும். பேதிய கவனத்துடன் நோக்கினால் தரைக்கு அருகே காகிதப் பட்டை தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஆனால் உச்சியேலோ அது பார்க்கக்கூட முடியாதபடி அவ்வளவு விரைவாகச் சென்றுவிடுகிறது.

சக்கரத்தின் அடியைவிட உச்சி வேகமாய்ச் செல்வதாய்த் தோன்றுகிறது, இல்லையா? நகரும் சக்கரத்தின் மேற்பகுதி ஆரங்களையும் கீழ்ப்பகுதி ஆரங்களையும் நோக்கும்போதும் அதே மாதிரி தோன்றுகிறது, இல்லையா? உண்மையில், மேற்பகுதி ஆரங்கள் ஒரே மொத்தையான திடப்பொருளாக இணைந்துவிடுவதாய்த் தெரிகிறது. ஆனால் கீழ்ப்பகுதி ஆரங்களைத் தனித்தனியாகத் தெளிவாய்க் காண முடிகிறது.

உருளும் சக்கதரத்தின் உச்சி **மெய்யாகவே அதன் அடியைவிட வேகமாய்ச்** செல்கிறது. நம்ப முடியாததாய்த் தோன்றினாலும் இந்த உண்மைக்குரிய விளக்கம் மிக எளிது. உருளும் சக்கரத்தின் மீதுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளிக்கும், அச்சைச்சுற்றி ஒன்றும் அச்சோடு சேர்ந்து முன்னோக்கி இன்னுமொன்றுமான **இரண்டு இயக்கங்கள்** ஒரேசமயத்தில் இருக்கின்றன. பூமியின் விவகாரத்தில் எப்படியோ அதே போல இவ்விரு இயக்கங்களும் இணைகின்றன. இந்த இணைவின் விளைவு சக்கரத்தின் உச்சிக்கு ஒருவகையாகவும், அதன் அடிப்பகுதிக்கு வேறொரு வகையாகவும் உள்ளது. உச்சியில், சக்கரத்தின் சுழற்றி இயக்கமும் அதன் இடப்பெயர்ச்சி இயக்கமும் ஒரே திசையில் இருப்பதால் இரண்டும் **கூடுகின்றன.** அடிப்பகுதியில், சுழற்சி **எதிர்த்திசையில்** இருப்பதால், இடப்பெயர்ச்சி இயக்கத்திலிருந்து அது **கழிக்கப்பட** வேண்டும். அதனால்தான் நிலையாக இருக்கும் பார்வையாளர் சக்கரத்தின் அடிப்பகுதியைவிட உச்சிப்பகுதி அதிக வேகமாய் செல்லக் காண்கிறார்.

எளிய பரிதோனை ஒன்றின் மூலம் இதை மெய்ப்பிக்கலாம். சக்கரத்திற்குப் பின்னால் அச்சுக்கு நேர் எதிராக ஒரு கழியை நிறுத்தவும், கரியினாலோ சாக்கட்டியினாலோ சக்கரத்தின் விளிம்பின் மீது உச்சிப்பகுதியிலும் அடிப்பகுதியிலும் இரண்டு குறிகளை வரையவும். குறிகள் கழிக்கு நேர் எதிரே இருக்க வேண்டும். இப்போது சக்கரம் **20-30** சென்டி மீட்டர் தொலைவு



படம் 7. உருளும் சக்கத்திரன் மீதுள்ள A,B குறிகள் கழியிலிருந்து நகர்ந்திருக்கும் தொலைவுகளை (வலம்) ஒப்பிட்டால், சக்கதிரன் மேற்பகுதி அதன் கீழ்பகுதியைவிட அதிக வேகமாய்ச் செல்வது தெளிவாகிறது.

நகரும்படி வண்டியை வலதுபுறம் இழுக்கவும் (படம் 7). குறிகள் எங்ஙனம் இடம் மாறியுள்ளன என்பதைக் கவனிக்கவும். அடியிலிருக்கும்

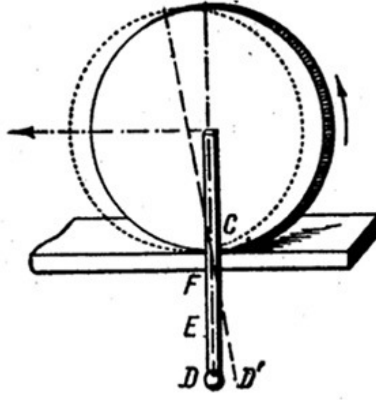
குறி ஏறக்குறைய முன் இருந்த இடத்திலேயே இருக்க, மேலேயுள்ள குறி மிக அதிகத் தொலைவு நகர்ந்திருப்பதைக் காண்பீர்கள்.

சக்கரத்தில் குறைந்தபட்ச வேகத்தில் செல்லும் பகுதி

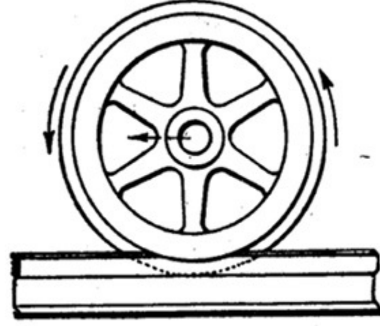
நாம் ஏற்கனவே கவனித்தபடி உருளும் சக்கரத்தின் எல்லாப் பகுதிகளுக்கும் ஒரே வேகத்துடன் நகருவதில்லை. எந்தப் பகுதி குறைந்தபட்ச வேகத்தில் செல்கிறது? தரையைத் தொடும் பகுதிதான். திட்டமாகச் சொன்னால், தொடும் கணத்தில் இப்பகுதி முற்றிலும் அசையாமலே இருக்கிறது. உருளும் சக்கரத்திற்கு மட்டும்தான் இது பொருந்தும். அசையாது நிலைத்துள்ள அச்சைச் சுற்றிச் சுழலும் சக்கரதுக்கு இது பொருந்தாது. எடுத்துக்காட்டாக, சம இயக்கச் சக்கரத்தை **(Fly wheel)** எடுத்துக் கொண்டால் அதன் எல்லாப் பகுதிகளும் ஒரே வேகத்துடனேயே இயங்கும்.

மூளையை மலைக்க வைக்கும் புதிர்

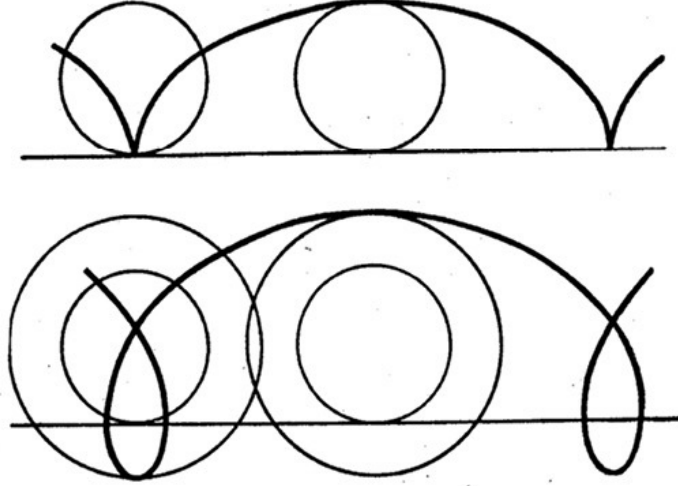
அதே மாதிரியான இன்னொரு ரசமான பிரச்சினை. லெனின் கிராதிலிருந்து மாஸ்கோ செல்லும் ரயில் வண்டி ஒன்றில், ரயில் பாதையைப் பொறுத்தவரை வண்டி நகரும் திசைக்கு எதிர்த்த திசையில் செல்லும் புள்ளிகள் இருக்க முடியுமா? முடியும். ரயில் வண்டியின் சக்கரங்கள் எல்லாவற்றிலும் ஒவ்வொரு கணத்திலும் அத்தகைய புள்ளிகள் உள்ளன. சக்கரத்தின் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் பகுதியின் அடியில் அவை இருக்கின்றன. நீங்களே சுலபமாகச் செய்யக்கூடிய, பின்வரும் பரிசோதனை அது எப்படி நிகழ்கிறது என்பதை விளக்குகிறது. படம் 8இல் காண்பித்திருப்பதைப் போல், வட்ட வடிவமான நாணயம் ஒன்றின்மீது ஒரு தீக்குச்சியைப் பசையைக்



படம் 8. நாணயம் இடது பக்கமாக உருட்டப்படும் போது வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் தீக்குச்சி மீதுள்ள F,E,D புள்ளிகள் எதிர்திசையில் நகருகின்றன.



படம் 9. ரயில் வண்டியின் சக்கரம் இடது பக்கமாக உருளும் போது அதன் விளிம்பின் கீழ்ப்பகுதி எதிர்த் திசையில் நகருதுகிறது.



படம் 10. மேலே: உருளும் வண்டிச் சக்கரத்தின் விளிம்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் வரையும் வளைகோடு (சைக்ளாய்ட்) கிழே: ரயில் வண்டியின் சக்கரத்தின் விளிம்பிலுள்ள ஒவ்வொரு புள்ளியும் வரையும் வளைகோடு.

கொண்டு ஒட்டவும், தீக்குச்சி, ஆரத்தின் தள்ளத்திலேயே சற்று வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும்படி அதைச் செய்யவும். தீக்குச்சியோடு சேர்ந்து நாணயத்தைத் தட்டையான அளவுகோலின் ஓரத்தில் செங்குத்தாக நிறுத்தவும்; நாயணம் அளவுகோலைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் இடத்தில், C புள்ளியில், அதை உங்கள் கட்டைவிரலினால் பிடித்துக் கொள்ளவும். பின்னர், அதை வலமிருந்து இடமாய் உருட்டவும். வெளியே

நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் தீக்குச்சியின் F,E,D புள்ளிகள் முன்புறமாகச் செல்லாமல் பின்புறம் செல்வதைக் காண்பீர்கள். தீக்குச்சியின் கோடி புள்ளி D-நாயணத்தின் விளிம்பிலிருந்து எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகத் தொலைவில் இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு பின்பு (எதிர்த்திசை) இயக்கம் தெளிவாகத் தென்படுகிறது (D புள்ளி D’க்குப் பெயர்கிறது).

ரயில் வண்டிச் சக்கரத்தின் விளிம்புக் கரைப் பகுதியிலுள்ள புள்ளிகள் அதே மாதிதான் இயங்குகின்றன. ஆகவே இரயில் வண்டியில் முன்னே செல்லாமல் பின்னால் செல்லும் புள்ளிகள் உள்ளன என்று சொன்னால், அதைக் கேட்டு இப்போது ஆச்சரியப்பட மாட்டீர்கள்! இப்பின்புற இயக்கம் வினாடியில் மிக மிகச் சிறிய புறக்கணித்துவிடக்கூடிய அளவுக்குச் சிறிய நேரத்திற்கே நீடிக்கிறது என்பது உண்மைதான். இருப்பினும், நமது வழக்கமான கருத்துக்களும் மாறாக, ஓடும் ரயிலில் ஒரு பின்புற இயக்கம் இருக்கத்தான் இருக்கிறது. படங்கள் 9, 10 இல் இதன் விளக்கத்தைக் காணலாம்.

பாய்மரத் தோணி கிளம்பியது எங்கிருந்து?

துடுப்புப் படகு ஒன்று ஏரியைக் கடந்து கொண்டிருக்கிறது. படம் 11இல் a அம்புக்குறி அதன் செல்வேகத்தைக் குறிக்கிறது. பாய்மரத் தோணி ஒன்று

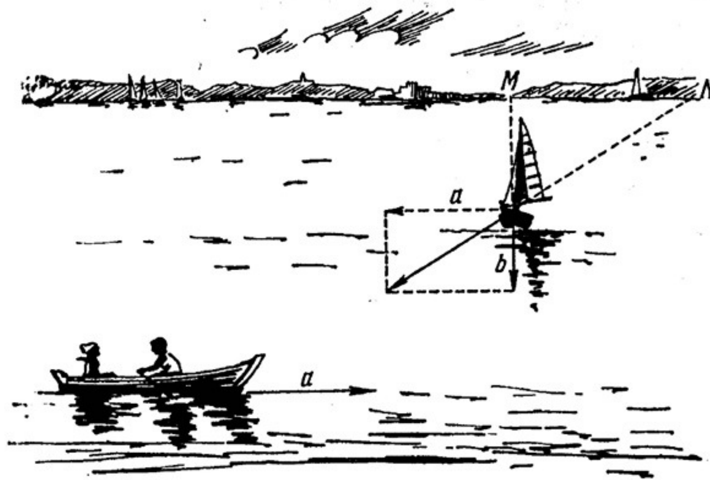


படம்11. பாய்மரத் தோணி துடுப்புப் படகின் பாதையைக் குறுக்கிடுகிறது. அம்புக்குறிகள் a,b இரண்டும் செல்வேகங்களைக் குறிக்கின்றன. துடுப்புச் படகிலுள்ளவர்கள் காண்பது என்ன?

அதன் பாதையைக் குறுக்கிடுகிறது: b அம்புக்குறி அதன் செல்வேகத்தைக் குறிக்கிறது. பாய்மரத் தோணி எங்கிருந்து கிளம்பியது?

M என்னும் இடத்தையே நீங்கள் உடனே சுட்டிக்காட்டுவீர்கள். ஆனால் துடுப்புப் படகில் உள்ளவர்களைக் கேட்டால் வேறு பதில் கிடைக்கும்.ஏன்?

தாங்கள் செல்லும் பாதைக்கு நேர்க்குத்தாகப் பாய்மரத் தோணி செல்வதாய் அவர்கள் பார்ப்பதில்லை, ஏனெனில் தாங்கள் செல்வதை அவர்கள் உணர்வதில்லை - தாங்கள் நிலையாக இருப்பதாகவும், சுற்றிலுமுள்ள ஒவ்வொன்றும் படகு செல்லும் அதே வேகத்தில் ஆனால் எதிர்த் திசையில் நகர்வதாகவும் அவர்கள் நினைக்கின்றனர். அவர்கள் நோக்கில், பாய்மரத் தோணி அம்புக்குறித்திசையில் மட்டுமல்லாது, தங்களுக்கு எதிர்த்திசையான புள்ளிக்கோடுகள் இன் திசையிலும் (படம் 12) நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது. பாய்மரத் தோணியின்-உண்மை இயக்கம், தோற்ற இயக்கம் ஆகிய - இரண்டு இயக்கங்களையும் இணைகர விதிப்படி தொகுக்க வேண்டும். அங்ஙனம் செய்யும் போது துடுப்புப் படகிலுள்ளவர்கள் ab இணைகரத்தின் மூலை விட்டத்தின் திசையில் பாய்மரத் தோணி வருவதாக எண்ணுகின்றனர்; அதே காரணத்தினால்தான் பாய்மரத் தோணி கிளம்பியது ஆ அன்று, Nஇலிருந்தே (படம் 12) அது கிளம்பியிருக்க வேண்டும் என்றும் அவர்கள் கருதுகின்றனர்.



படம்12. துப்புப்படகிலுள்ளவர்கள் பாய்மரத் தோணிதங்களை நோக்கி சாய்வாக N இலிருந்து வருவதாக நினைக்கின்றனர்.

பாய்மரத் தோணி எங்கிருந்து கிளம்பியிருக்க வேண்டும் என்று கேட்டபோது துடுப்புப்படகில் இருந்தவர்கள் தவறாகப் பதில் அளித்தனர், அல்லவா? அதைப் போலவே, பூமியின் சுழற்பாதையின் பூமியுடன் செல்லும் நாமும் நட்சத்திரங்களுள்ள இடங்களைத் தவறாகக்

குறிக்கின்றோம். நட்சத்திரங்கள் பூமியின் சுழல் இயக்கத்தின் திசையில் சிறிதளவு முன்னால் நகர்ந்திருப்பது போல் நமக்குத் தெரிகின்றன. ஒளியின் வேகத்துடன் ஒப்பிடப்படும்போது பூமியின் வேகம் புறக்கணித்துவிடக் கூடிய அளவுக்கு அற்பமானதே ஆகும். (10,000 மடங்கு குறைவானது); எனவே, 'ஒளிப்பிறழ்ச்சி' எனப்படும் இந்த "நட்சத்திரப் பெயர்ச்சி" அற்ப அளவுள்ளதே ஆகும். எனினும், வானவியல் கருவிகைளக் கொண்டு நாம் அதைக் கண்டுபிடித்துக் கணக்கிட முடியும்.

பாய்மரத் தோணிக் கணக்கு உங்களுக்குப் பிடித்திருக்கிறதா? அப்படியானால் அதே கணக்குடன் சம்பந்தப்பட்ட மற்றும் இரு கேள்விகளுக்கு விடை கண்டுபிடியுங்கள். முதலாவதாக, பாய்மரத் தோணியில் இருப்பவர்கள் துடுப்பு படகு எந்தத் திசையில் நகருகிறது என்று எண்ணுவார்கள்? இரண்டாவதாக, துடுப்புப் படகு எதை நோக்கிச் செல்வதாகப் பாய்மரத் தோணியில் உள்ளவர்கள் நினைப்பார்கள் இவற்றுக்கு விடைகாண, a பகுதியின்மீது (படம் 12) வேகங்களின் இணைகரம் ஒன்றை எழுப்ப வேண்டும்: இதன் மூலைவிட்டத்தின் திசையிலிருந்து, துடுப்புப் படகு கதையை நோக்கிப் போவது போல் சாய்வதாகப் பாய்மரத் தோணியில் உள்ளவர்களுக்குத் தோன்றும் என்பது தெளிவாகிறது.



அத்தியாயம் இரண்டு: ஈர்ப்பும் எடையும். நெம்புகோல். அழுத்தம்

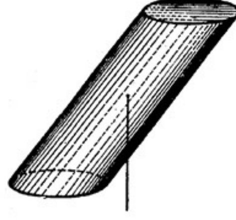
எழுந்திருங்கள், பார்க்கலாம்!

நாற்காலியின்மீது குறிப்பிட்ட ஒரு வகையில் உட்கார வேண்டும்; அதனுடன் கயிற்றால் கட்டப்படாவிட்டாலுங்கூட, அதிலிருந்து உங்களால் எழுந்திருக்க முடியாது என்று நான் சொன்னால், வேடிக்கை செய்கிறேன் என்பதாகவே நினைப்பீர்கள், இல்லையா? சரி, செய்து பார்க்கலாம். படம் 13இல் பையன் உட்கார்ந்து கொண்டிருப்பதைப் போலவே நீங்களும் உட்கார்ந்து கொள்ளவும். நேராக நிமிர்ந்து உட்காரரவும், **நாற்காலிக்குக் கீழே உள்ள பாதங்களை வைத்துக் கொள்ளக்கூடாது.** இப்போது, பாதங்களை அசைக்காமலும் முன்புறம் குனியாமலும் எழுந்திருக்க முயற்சி செய்யவும். எவ்வளவு சிரமப்பட்டு முயன்றாலும், உங்களால் எழுந்திருக்க முடியாது. பாதங்களை நாற்காலிக்குக் கீழே நகர்த்தினாலோ, முன்பக்கம் சாய்ந்தாலோ அன்றி, உங்களால் ஒரு போதும் எழுந்திருக்கவே முடியாது.

இதற்கு விளக்கம் தருவதற்குமுன், பொதுவாகப் பொருள்களின் சமநில யையும், சிறப்பாக மனித உடலின் சமநிலையையும் குறித்துச் சொல்லுகிறேன். ஒரு பொருளின் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு அதன்



அடிப்பகுதியின் வழியாகச் சென்றால்தான், அது நிலைதவறி விழாமல் இருக்கும். படம் 14இல் சாய்ந்து காணப்படும் உருளை விழுந்தே தீரும். ஆனால் அதன் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு அதன் அடிவழியாகச் செல்லுமேயானால், அது நிலை தவறிவிழாது. இதே



படம் 14. ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு உருளையின் அடிக்கு வெளியே இருப்பதால் உருளை விழுந்தே ஆக வேண்டும்.

காரணத்தினால்தான், பைஸா, பொலோனா ஆகிய நகரங்களில் உள்ள சாய்ந்த கோபுரங்களும், அர்ஹாங்கெல்க் நகரத்தில் இருக்கும் சாய்ந்த மணிக்கூண்டும் (படம் 15) விழாமலிருக்கின்றன. அவற்றின் ஈர்ப்பு



படம் 15. அர்ஹாங்கெல்ஸ்கிலுள்ள சாய்ந்த மணிக்கூண்டு. பழைய புகைப்படம் ஒன்றிலிருந்து வரையப்பட்டது.

மையங்களிலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடுகள் அவற்றின் அடிகளுக்கு வெளியே செல்வதில்லை. இன்னொரு காரணம், அவற்றின் அதிவாரங்கள் ஆழத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

உங்கள் உடலின் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு உங்கள் பாதங்களின் வெளி விளிம்புக்குள் இருக்கும் பரப்பிற்குள்ளாக இருந்தால்தான் நீங்கள் விழாமல் இருப்பீர்கள் (படம்16), அதனால்தான், ஒற்றைக் காலில் நிற்பது மிகச் சிரமமாயிருக்கிறது; இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கயிற்றின்மீது சமநிலையில் இருப்பதோ மேலும் கடினமாயிருக்கிறது. நமது

“அடி” மிகவும் சிறியது; ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்தக்கோடு அதன் வரம்புகளுக்கு



படம் 16. ஒருவர் நிற்கும் போது, அவரது உடலின் ஈர்ப்பு யைமத்திலிருந்துசெல்லும் குத்திக் கோடு பாதங்களால் வரைப் படுத்தப்பட்ட பரப்பிற்குள்ளாக இருக்கிறது.

வெளியே வந்துவிடுவது சுலபம். வயதான மாலுமியின் விசித்திரமான நடையை நீங்கள் கவனித்திருக்கிறீர்களா? வாழ்வில் பெரும் பகுதி அவன் அசைந்தாடும் கப்பலில் கழிக்கிறான். உடலின் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு இங்கே அவனது “அடிக்கு” வெளியே எக்கணத்திலும் வரக்கூடும். எனவே, நிலை தவறி விழுந்துவிடாமல் இருப்பதற்காகக் கால்களை அகல வைத்து, இயன்ற வரை அதிகமான “அடிப்” பரப்பை ஏற்படுத்திக் கொண்டு நடக்க அவனுக்குப் பழக்கமாகிவிடுகிறது. ஆகவே நிலத்தின் மீது நடக்கும் போதும் அதே பழகத்தில் கால்களை அகல வைத்து அசைந்தே நடக்கிறான்.

இதற்கு நேர் எதிரான இயல்புள்ள மற்றோர் எடுத்துக்காட்டு: சமநிலையில் இருக்க முயலுவதால் ஏற்படும் கவர்ச்சிகரமான உருவம். தலைமீது பளுச்சுமக்கும் சுமையாட்கள் சீரான உடற்கட்டு அமைப்புடன் காணப்படுகின்றனர்; இதை நீங்கள் கவனித்திருப்பீர்கள் என்று நினைக்கிறேன். தலைமீது பளுவைச் சுமப்பதனால்தான், தலையையும் உடலையும் நிமிர்ந்த நிலையில் வைத்துக் கொள்ள வேண்டியதாயிருக்கிறது. தலைச் சுமை காரணமாக அவர்களது ஈர்ப்பு மையம் வழக்கத்தைவிட உயருகிறது; சிறிதளவு சாய்வு ஏற்பட்டால் அதிலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு இடம் பெயர்ந்து “அடிக்கு” வெளியே சென்று, அவர்களுடைய சமநிலை தவறுமாறு செய்துவிடுகிறது.

அத்தியாயத்தின் தொடக்கத்தில் கூறிய பிரச்சினையை மீண்டும் கவனிக்கலாம். உட்கார்ந்து கொண்டிருக்கும் பையனின் ஈர்ப்பு மையம்

அவனது உடலினுள் முதுகெலும்புக்கு அருகே தொப்புள் மேல் 20 சென்டி மீட்டர் உயரத்தில் இருக்கிறது. இங்கிருந்து ஒரு குத்துக்கோடு வரையவும், நாற்காலியினூடே பாதங்களுக்குப் பின்னே அது இருப்பதைக் காணலாம். ஒருவன் எழுந்து நிற்க வேண்டுமானால், பாதங்கள் மூடியிருக்கும் பரப்பின் வழியாக அது செல்ல வேண்டும் என்பது ஏற்கனவே உங்களுக்குத் தெரியும். ஆகவே, நாம் எழுந்திருக்கும்போது, ஈர்ப்பு மையத்தைப் பெயர்த்தும் பொருட்டு முன்புறம் குனிய வேண்டும். அல்லது, நமது "அடியை" ஈர்ப்பு மையத்திற்குக்கீழே கொண்டுவரும் பொருட்டு கால்களை நாற்கலிக்கு அடியில் பின்புறம் தள்ளிக் கொள்ள வேண்டும். இதைச் செய்ய நாம் அனுமதிக்கப்படாவிட்டால், உங்கள் அநுபவத்திலிருந்து ஏற்கனவே நீங்கள் உணர்ந்துள்ளபடி, நம்மால் ஒருபோதும் எழுந்து நிற்க முடியாது.

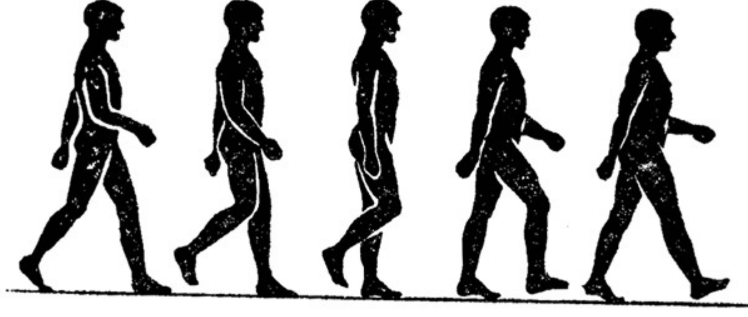
நடப்பதும் ஓடுவதும்

நாள் தவறாமல் வாழ்நாள் முழுதும் தினமும் ஆயிரக்கணக்கான தரம் நீங்கள் செய்யும் காரியங்கள் குறித்து உங்களுக்கு நன்கு தெரிந்திருக்க வேண்டும் அல்லவா? ஆம் என்றுதான் பதில் அளிப்பீர்கள். அனால் அது சரியல்ல. எடுத்துக்காட்டாக, நடப்பதையும் ஓடுவதையும் எடுத்துக்கொள்வோம். இதைவிட பழக்கமான ஒன்று இருக்க முடியுமா? எனினும், நடக்கும் போதும் ஓடும்போதும் நாம் என்ன செய்கிறோம் என்பதைப் பற்றியோ, இவை இரண்டிற்குமுள்ள வித்தியாசத்தைப் பற்றியோ உங்களில் எத்தனைப் பேருக்குத் தெளிவாகத் தெரியும்? உடலியலாளர் ஒருவர், நடப்பதையும் ஓடுவதையும் குறித்து என்ன கூறுகிறார் என்று பார்க்கலாம். அவர் கூறுவது பலருக்கும் வியக்கத்தக்க புதுமையாகவே இருக்கும். (இந்தப் பகுதி, பேராசிரியர் பால் பர்ட் எழுதிய விலங்கியல் குறித்த சொற்பொழிவுகள் என்னும் நூலிலிருந்து எடுக்கப்பட்டது. விளக்கப்படங்கள் மட்டும் என்னுடையவை.)

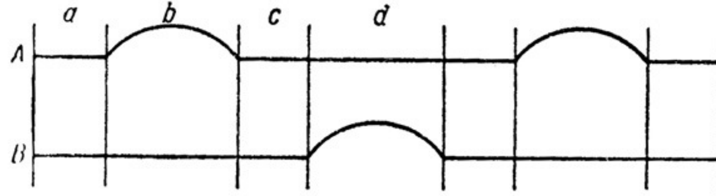
"ஒற்றைக் காலில், எடுத்துக்காட்டாக வலது காலில் ஒருவன் நிற்பதாய்க் கொள்வோம். மேலும், அவன் குதிகாலை உயர்த்துவதாகவும், அதே சமயத்தில் முன்புறம் குனிவதாகவும் வைத்துக் கொள்வோம். ஒருவன் நடக்கையில் தனது பாதத்தைத் தரையில் அழுத்தி உயர்த்தும்போது தனது எடையை அன்றி மேற்கொண்டு 20 கிலோகிராம் அழுத்தத்தையும் தரைமீது செலுத்துகிறான். எனவே, நிற்பதைவிட நடக்கையில் அவன் தரைமீது அதிக அழுத்ததைச் செலுத்துகிறான்.-(யா. பெ.) இந்நிலையில் ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு

‘அடிக்கு’ வெளியேதான் இருக்கும்; ஆகவே, அவன் முன்புறம் விழுந்தாக வேண்டும். இதைச் செய்ய ஆரம்பித்த உடனேயே, இதுகாறும் தொங்கிக்கொண்டிருந்த தனது இடது காலை அவசரமாய் முன்னால் நீட்டி ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோட்டிற்கு முன்பாகத் தரைமீது வைக்கிறான். இவ்வாறாக குத்துக்கோடு இரண்டு பாதங்களும் தரையில் படும் நிலைப்புத் தானங்களை இணைக்கும் கோடுகளுக்கிடையேயுள்ள பரப்பு வழியே செல்லும்படியாய் நகர்ந்து வந்துவிடுகிறது. ஆகவே மீண்டும் சமநிலை ஏற்பட்டுவிடுகிறது. அவன் ஓரடி முன்புறம் எடுத்து வைத்துவிட்டான்.

“அயர்ச்சி தரும் இந்நிலையில் அவன் அப்படியே இருக்கலாம். ஆனால் முன்புறமாக மேலும் தொடர்ந்து செல்ல வேண்டும் என்றால், அவன் இன்னும் சிறிது முன்பக்கமாகச் சாய்வான்; ஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து செல்லும் குத்துக்கோடு இதனால் இடம் பெயர்ந்து பீடத்துக்கு வெளி போய் அவன் விழப்போகும் நிலையை அடைந்ததும், தனது காலை- இம்முறை, வலது காலை முன்னே எடுத்துவைப்பான். இவ்வாறாக, அவன் இன்னோர் அடி



படம் 17. ஒருவன் எப்படி நடக்கிறான்.
நடக்கும் போது உண்டாகும் தொடர்ச்சியான நிலைகள்.



படம் 18. நடக்கும்போது பாதங்கள் எப்படி நகருகின்றன என்பதைக் காட்டும் வரைபடம். A கோடு இடது பாதத்தையும், B கோடு வலது பாதத்தையும் குறிக்கின்றன. நேர்ப் பகுதிகள் பாதம் தரையில் இருப்பதையும், வளைவுப் பகுதிகள் பாதம் தரையைத் தொடாமல் இருப்பதையும் குறிக்கின்றன. a இடைநேரத்தில் இரண்டு கால்களும் தரையின் மீது உள்ளன; b இடைநேரத்தில் A பாதம் தரையைத் தொடாமல் இருக்கிறது. B பாதம் இன்னமும் தரைமீதே இருக்கிறது. c இடைநேரத்தில் மீண்டும் இரண்டு கால்களும் தரைமீது இருக்கின்றன. நடக்கும் வேகம் அதிகமாக ஆக, a,c இடைநேரங்களின் "ஓடும்" வரை படத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்).

முன்னால் செல்கிறான். இங்ஙனம், அவன் ஒவ்வோர் அடியாய் எடுத்து வைத்து நடக்கிறான். ஆகவே, நடப்பது என்பது தொடர்ச்சியாக முன்புறம் விழுவதேயாகும்; ஒவ்வொரு தடவையும் விழுவதற்குச் சற்று முன்னர், பின்னால் விடப்பட்ட காலை முன்னால் நீட்டித் தரையில் ஊன்றி நிலைப் பெறுகிறோம்.

"இப்பிரச்சினையின் அடிப்படைத் தன்மையைக் கவனிக்கலாம். முதல் அடி எடுத்து வைத்தாகிவிட்டது என்று வைத்துக் கொள்வோம். அக்கணத்தில் வலது பாதம் இன்னமும் தரையின்மீதே இருக்கிறது; இடது பாதம் ஏற்கனவே அதைத் தொட்டுக் கொண்டு இருக்கிறது. அடி மிகவும் கட்டையாக இருந்ததால் அன்றி, வலது குதிகால் சிறிதளவு எழுப்பப்பட வேண்டும்; ஏனெனில், இங்ஙனம் எழுப்புவதனால்தான் முன்பக்கம் குனியவும் சமநிலையை மாற்றவும் நம்மால் முடிகிறது. முதலில் தரையைத் தொடுவது இடது பாதத்தின் குதிகால்தான். அடுத்து

அப்பாதத்தின் முழு அடிப்பகுதியும் தரையின்மீது இருக்கும் போது, வலது பாதம் முற்றிலும் மேலே எழும்பிவிடுகிறது. அப்போது அது தரையைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதில்லை. இதற்குள், முழங்காலில் சிறிதளவு மடிந்திருக்கும் இடது கால், தொடையின் முத்தலைத் தசைகள் சுருங்குவதால், கணப்பொழுது நேராக இருக்கும்படி நிமித்தப்படுகிறது. இதனால், பாதி மடிந்துள்ள வலது கால் தரையைத் தொடாமலே முன் செல்வது சாத்தியமாகிறது. உடல் முன்னால் நகர்வதைத் தொடர்ந்து வலது குதிகால் தரையில் பட்டதும் அடுத்த அடி எடுத்துவைக்கத் தொடங்குகிறது. இக்கணத்தில் விரல்கள் மட்டும் தரையைத் தொட்டுக் கொண்டு எழும்புவதற்குத் தயாராயிருக்கும் இடது கால் அதே மாதிரியன இயக்கங்களுக்கு உள்ளாகிறது.

“நடப்பதற்கும் ஓடுவதற்குமுள்ள வித்தியாசம் இது தான்: ஓடுவதில், தரையின் மீதுள்ள கால் அதன் தசைகள் திடீரென்று சுருங்குவதால் விரைவாக நிமிர்த்தப்பட்டு, உடலானது முன்னே தள்ளப்படுகிறது; மிகக் குறுகிய அளவு நேரத்திற்குத் தரையுடன் உடலுக்குச் சிறிதும் தொடர்பில்லாது போய்விடுகிறது. அடுத்து அது இன்னொரு கால்மீது சமநிலை பெறுமாறு விழுகிறது. உடல் ன்னமும் அந்தரத்தில் தொங்கும்போதே, இந்தக் கால் விரைவாக முன்புறம் செல்லுகிறது. ஆக, ஓடுவது என்பது, ஒரு காலிலிருந்து இன்னொரு காலுக்குச் செய்யப்படும் தாவல்களின் தொடர்ச்சியே ஆகும்.”

கிடைமட்டமான நடைபாதையில் நடக்கும்போது சிலர் நினைப்பதுபோல் ஆற்றல் செலவழியாமல் இருக்கவில்லை. ஒவ்வோர் அடி எடுத்துவைக்கும்போதும் நடப்பவனின் ஈர்ப்பு மையம் ஒருசில செண்ட்டிமீட்டர் அளவிற்கு உயர்த்தப்படுகிறது. கிடை மட்டப் பாதையின்மீது நடக்கும்போது செய்யப்படும் வேலை, நடப்பவனின் உடலை அவன் கடந்த தொலைவிற்குச் சமமான உயரத்திற்கு எழுப்புவதற்காகும் வேலையில் பதினைந்தில் ஒரு பகுதி ஆகும் எனக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கிறது.

ஓடும் மோட்டமோர் காரிலிருந்து எப்படி குதிப்பது?

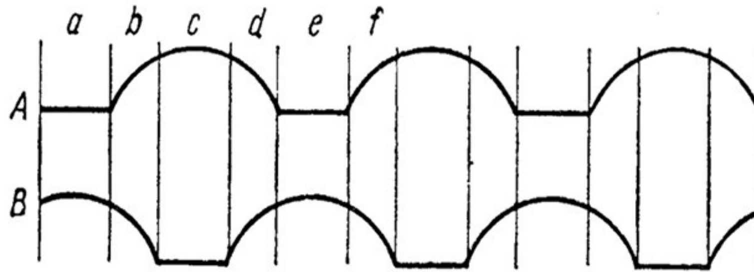
சடத்துவ விதிக்கொப்ப, வண்டி சென்று கொண்டிருக்கும் திசையில் முன்புறமாகக் குதிக்க வேண்டும் என்றுதான் நிச்சயமாகப் பெரும்பாலோர் கூறுவர். ஆனால், சடத்துவத்திற்கும் இதற்கும் என்ன சம்பந்தம்? எவரிடமாவது நீங்கள் இக்கேள்வியைக் கேட்டீர்களானால், அவர் பதில் சொல்லச் சிரமப்படுவார்; ஏனெனில், சடத்துவத்தின்படி? இயக்கத்திரைக்கு

எதிராக, பின்புறமாகத் தான் குதிக்க வேண்டும். உண்மையில் சத்துவத்திற்குள்ள முக்கியத்துவம் இரண்டாந்தரம்தான். ஏன் முன்புறமாகக் குதிக்க வேண்டும் என்னும் காரணத்தை - சடத்துவத்துடன் சம்பந்தமில்லாதது இது - மறந்துவிட்டால், பின்புறமாகத்தான் குதிக்க வேண்டும் என்றே நான் நினைக்க வேண்டிவரும்.

ஓடும் வண்டியிலிருந்து நீங்கள் குதிக்க வேண்டும் என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். என்ன நடக்கிறது? நீங்கள் குதிக்கும் கணத்தில், உங்கள்



படம் 19. ஒருவன் எப்படி ஓடுகிறான். ஓடும்போது ஏற்படும் தொடர்ச்சியான நிலைகளை (இரு பாதங்களும் தரையைத் தொடாமல் இருக்கும் நிலைகளும் காணலாம்.



படம் 20. ஒடும்போது பாதங்களின் இயக்கங்களைக் காட்டும் வரைபடம் (படம் 18உடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்). இரு பாதங்களும் அந்தரத்தில் இருக்கும் இடைநேரங்கள் தீ,பீ,யீ, நடப்பதற்கும் ஓடுவதற்குள்ள வித்தியாசம் இதுதான்.

உடலுக்கும் வண்டியின் வேகம் உள்ளது. வண்டியின் திசையில் முன்புறமாய்ச் செல்லும் தன்மையும் இருக்கிறது. முன்புறமாகக்

குதிப்பதனால், இந்த வேகத்தைக் குறைப்பதற்குப் பதிலாக, இதை அதிகரிக்கச் செய்கிறோம். அவ்வாறானால் பின்புறமாகக் குதிக்க வேண்டுமா? ஏனெனில், பின்புறமாகக் குதிக்கும்போது ஏற்படும் வேகமானது சடத்துவத்தின்படி உடலுக்கு இருக்கும் வேகத்திலிருந்து கழிக்கப்பட்டு, உடல் தரையைத் தொடும் போது அதற்கு இருக்கும் நிலை தவறி விழச் செய்யும் தூண்டலின் அளவு குறைவாயிருக்கும், இல்லையா?

ஆனால், ஓடும் வண்டியிலிருந்து குதிக்கும்போது, அதன் இயக்கத்தின் திசையிலேயே முன்புறமாகவே எப்போதும் குதிக்கிறோம். அதுதான் மிகவும் சிறந்த முறை; பலகாலமாய்க் கையாளப்படும் ஒன்று. பின்புறமாகக் குதிப்பது ஆபத்தானது என்று உங்களை நான் எச்சரிக்கிறேன்.

இதில் ஒரு முரண்பாடு இருப்பதாகத் தோன்றகிறது, இல்லையா? முன்புறமாகக் குதித்தாலும் சரி, பின்புறமாகக் குதித்தாலும் சரி நாம் விழுந்துவிடும் அபாயம் இருக்கவே செய்கிறது. ஏனெனில் நமது பாதங்கள் தரையைத் தொடும் நிலையில் இருக்கும்போது, நமது உடல் இன்னமும் நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது. நான் ஏற்கனவே குறிப்பிட்டது போல், பின்புறமாகக் குதிக்கும்போது இருப்பதைவிட முன்புறமாகக் குதிக்கும்போதே நமது உடலின் வேகம் அதிகமாயிருக்கிறது. ஆனால் பின்புறமாகக் குதிப்பதைவிட முன்புறமாகக் குதிப்பது மிகவும் பத்திரமானது; ஏனெனில், நாம் தன்னிச்சையாகக் காலை முன்னோக்கி அடி எடுத்துவைக்கிறோம், அல்லது நம்மைத் திடப்படுத்திக் கொள்ள சில அடிகள் முன்னோக்கி ஓடுகிறோம். இதனை நாம் எண்ணாமலேயே செய்கிறோம். இது சாதாரணமாக நடப்பதுபோல நிகழ்கின்றது. சொல்லப்போனால், இயக்கவியலின்படி நடப்பது என்பது, முன்னரே கவனிக்கப்பட்டதுபோல், ஒரு காலை எடுத்து வைப்பதனால் தடுக்கப்படும், நமது உடலின் தொடர்ச்சியான முன்னோக்கி வீழ்தலே ஆகும். நாம் பின்புறமாக குதிக்கும்போது, காலின் இக்காப்பாற்றும் இயக்கம் இல்லாது போய்விடுவதால், அபாயம் அதிகமாகிவிடுகிறது. மேலும், முன்புறமாகக் குதிக்கும்போது கீழே விழந்துவிட்டாலுங்கூட, கைகளை வைத்து அத்தாக்கத்தின் தீவிரத்தைக் குறைத்துக் கொள்ளலாம்; பின்புறமாக (மல்லாந்து) விழுந்தால் இவ்வாறு செய்ய முடியாது.

ஆகவே, முன்புறமாகக் குதிப்பது அதிகப் பத்திரமாயிருப்பதற்கு அவ்வளவாகச் சடத்துவமல்ல காரணம்; நாமேதான் காரணம். ஆனால், ஒருவர் எடுத்தச்செல்லும் சாமான்களுக்கு இது பொருந்தாது என்பது

தெளிவு. ஓடும் வண்டியிலிருந்து கண்ணாடி சீசா ஒன்றைப் பின்புறமாக வீசுவதில் இருப்பதைவிட முன்புறமாக வீசுவதில்தான் அது உடைந்துவிடக்கூடிய அபாயம் அதிகமாகும். எனவே ஓடும் வண்டியிலிருந்து குதிக்க வேண்டியிருந்து, சாமான்களும் உங்களுடன் இருந்தால், முதலில் சாமான்களைப் பின்னோக்கி எறிந்து விட்டு நீங்கள் மட்டும் முன்னோக்கியே குதியுங்கள். அனுபவம் மிகுந்த டிராம் கண்டக்டர்களும் டிக்கட் பரிசோதகர்களும் பின்புறமாக, ஆனால் தாங்கள் குதிக்கும் திசையை நோக்கித் தங்கள் முதுகுப்புறத்தை வைத்துக் கொண்டு குதிக்கின்றனர். இதனால் அவர்களுக்கு இருவகையில் சௌரியம் ஏற்படுகிறது. ஒன்று சடத்துவத்தினால் தங்கள் உடல் பெறும் வேகத்தைக் குறைத்து கொள்ளுகின்றனர்; இரண்டு, அதிக அளவுக்கு விழக்கூடிய திசையை நோக்கித் தங்கள் முகத்தை வைத்துக் கொண்டு குதிப்பதனால், மல்லாந்து விழுந்துவிடாமல் தங்களைப் பாதுகாத்துக் கொள்ளவும் செய்கின்றனர்.

துப்பாக்கிக் குண்டைப் பிடித்தல்

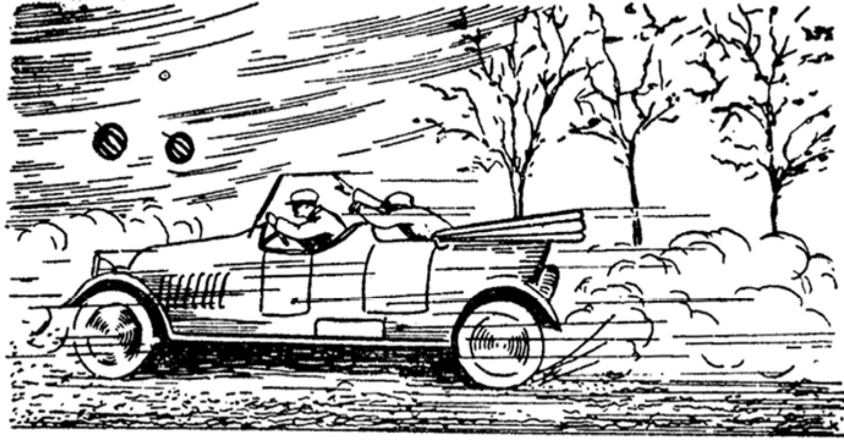
முதல் உலகப் போரின்போது விந்தைமிக்க செய்தி ஒன்று வெளியாயிற்று. பிரெஞ்சு விமானி ஒருவன் இரண்டு கிலோமீட்டர் உயரத்தில் பறந்து கொண்டிருந்தபோது தன் முகத்தினருகே ஈ போன்று ஒன்று இருபதைக் கண்டான். கையினால் அதைப்பிடித்தபோது, தான் பிடித்து ஒரு ஜெர்மன் குண்டு என்பதைக் கண்டு திடுக்கிட்டான்! பீரங்கிக் குண்டுகளை வெறும் கையால் பிடித்ததாக கூறிய முன்ஹாவுஸென் பிரபு என்பவரின் கட்டுக்கதைகைள் போலல்லவா இது இருக்கிறது! ஆனால், கையால் குண்டு பிடிக்கப்படும் இக்கதையில் நம்பமுடியாதது எதுவும் இல்லை.

துப்பாக்கி குண்டின் துவக்க வேகம் வினாடிக்கு 800 - 900 மீட்டராகும். ஆனல் இறுதி வரையிலும் இதே வேத்தில் அது செல்வதில்லை. காற்றின் தடை காரணமாக அதன் வேகம் படிப்படியாகக் குறைந்து, பிரயாணத்தின் முடிவில் வினாடிக்கு 40 மீட்டர் அளவுக்கு வந்துவிடுகிறது. அனால் ஏற்கனவே முதல் உலகப் போரின் போது விமானங்கள் இந்த வேகத்தில் பறந்தன. எனவே, விமானமும் குண்டும் ஒரே வேகத்தில் செல்வது சாத்தியமாதலால், விமானத்தையும் விமானியையும் பொறுத்தவரை, குண்டு அசைவற்றதாக அல்லது ஏறக்குறைய அசைவற்றதாக (மிகக் குறைந்த வேகமுடையதாக) இருக்கும் ஒரு நிலைமை ஏற்படக் கூடும். அந்நிலையில் விமானி தனது கையினால்

- காற்றில் மிக வேகமாய்ச் செல்லும்போது ஒரு பொருள் மிகுந்த அளவுக்கு வெப்பம் அடைவதால் உறை அணிந்த கையாய் இருப்பின் இன்னும் நல்லது-சுலபமாக அதைப்பிடித்துக் கொள்ள முடியும்.

முலாம்பழக் குண்டு

சில சந்தர்ப்பபங்களில் துப்பாக்கிக் கண்டு அபாயமற்றதாகிவிட முடியும் என்பதை கவனித்தோம். ஆனால் மெதுவாக எறியப்பட்ட "அமைதியான" பொருளுளினால்கூடச் சேதம் விளையலாம். 1924ல் லெனின்கிராட்-திப்ளி மோட்டார் கார்ப் பந்தயத்தில், காக்கஸ குடியானவர்கள் தமது களிப்பைத் தெரிவிக்கும் பொருட்டு, போட்டியிடும் காரோட்டிகளுக்கு முலாம்பழம், ஆப்பிள் போன்றவற்றை வீசினார்கள். ஆனால் "ஆபத்தற்ற" இப்பொருள்கள் கார்களைச் சேதப்படுத்தி, காரில் இருந்தோரையும் காயப்படுத்தி விட்டன. இவ்வாறு நிகழ்ந்ததற்குக் காரணம், காரின் வேகமும், எறியப்பட்ட



படம் 21. வேகமாய் ஓடும் காரின் மீது வீசப்படும் முலாம்பழங்கள் குண்டுகளைப் போல் அவ்வளவு அபாயகரமானவை.

முலாம்பழங்களின் அல்லது ஆப்பிள்களின் வேகமும் கூடி, அவற்றை ஆபத்தான எறிபடைகளாக்கி விட்டன. மணிக்கு 120 கி.மீ. வேகத்துடன் செல்லும் கார் மீது எறியப்படும் 4 கிலோகிராம் எடையுள்ள முலாம்பழத்துக்கு பத்து கிராம் எடையுடைய ஒரு குண்டுக்குள்ள அதே

இயக்க ஆற்றல் இருக்கிறது. ஆனால் முலாம்பழம் தாக்குவது வேறு, துப்பாக்கி குண்டு தாக்குவது வேறு; ஏனெனில், முலாபழம் நசுங்கிவிடும் பொருள் அல்லவா?

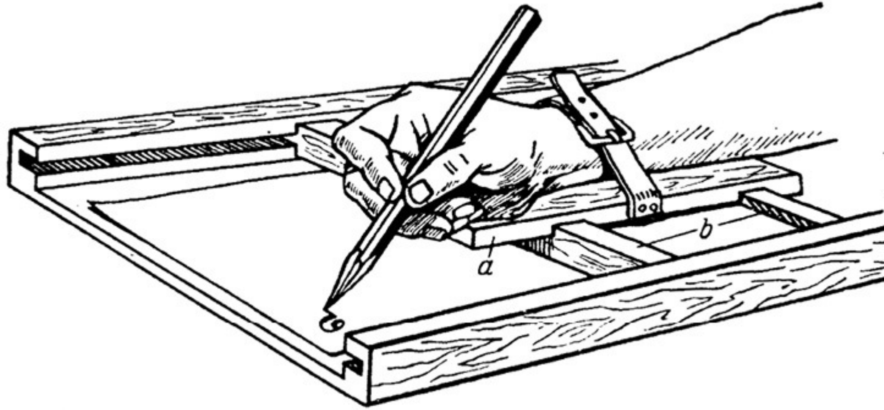
மிகவும் அதிக வேகங்களில் பறக்கும் ஜெட் விமானங்கள் உள்ள இந்தக் காலத்தில், விமானங்களும் பறவைகளும் ஆகாயத்தில் ஒன்றோடொன்று மோதி, இதனால் விமானங்கள் பன்முறை சேதமடைந்துள்ளன. பல பேர் செல்லும் பெரிய விமனாத்திற்கு ஒரு சிறிய பறவை அபாயம் விளைவிக்க முடியுமா என்ற வினா எழுகிறது. ஆனால் விமானம் வினாடிக்கு 300-500 மீட்டர் வேகத்தில் பறக்கும் போது, பறவையின் உடல் விமானத்தின் வெளிப்புற உலோகத் தகடுகளையோ அல்லது விமானியின் அறையின் முன்புறக் கண்ணாடிகளையோ துளைக்கக்கூடும். பறவை விமானத்தை இயக்கும் இஞ்சினுள் விழுந்து சேதம் உண்டாக்கலாம். (1964ம் ஆண்டில், அமெரிக்க வான்வெளி வீரரான தியோர் பிருமான் ஜெட் விமானத்தில் பயிற்சிக்காகப் பறந்து கொண்டிருந்தபோது ஒரு பறவை இவ்வித மோதியதால் அவர் உயிரிழக்க நேர்ந்தது.) பறவைகள் விமானங்களைக் கண்டு ஏனோ பயப்படுவதில்லை; விமானத்தின் திசையிலிருந்து வேறு புறத்துக்குத் திரும்பிப் பறப்பதில்லை.

இரு பொருள்கள் ஒரே திசையில், ஒரே வேகத்தில் செல்லும்போது அவற்றிற்கு எவ்வித அபாயமும் ஏற்படாது. ஒரே திசையில் ஏறக்குறைய ஒரே வேகத்தில் செல்லும் பொருள்கள் சேதமின்றி ஒன்றையொன்று சந்திக்கலாம். இதைப் பயன்படுத்தி 1935இல் போர்ஷசோவ் என்னும் எஞ்சின் டிரைவர் ரயில் விபத்து ஏற்படாதவாறு தடுத்தார். தென் ருஷ்யாவில் யெல்நிக்காவ் ஆல்ஷான்கா என்னும் இடங்களுக்கிடையே அவர் ரயிலை ஓட்டிக் கொண்டிருந்தார். முன்னால் இன்னொரு ரயில் வண்டி சென்று கொண்டிருந்தது. இவ்வண்டியின் டிரைவரால் ஏற்றத்தைச் சமாளிப்பதற்குப் போதுமான நீராவி இல்லாமற் போகவே அவர் 36 பெட்டிகளைப் பின்னால் விட்டுவிட்டு தனது இஞ்சினையும் சில பெட்டிகளையும் தனியாகக் கழற்றிக் கொண்டு சமீபத்தில் இருந்த டேஷனை நோக்கி புறப்பட்டுவிட்டார். ஆனால், அப்பெட்டிகளின் சக்கரங்களில் தடைக்கட்டைகள் போடப்படவில்லை. ஆதலால் அப்பெட்டிகள் பின்னோக்கி இறக்கத்தில் நகரத் தொடங்கி, மணிக்கு 15கிமீ வேகத்தை அடைந்துவிட்டன. மோதல் தவிர்க்க முடியாததாய் தோன்றியது. அதிர்ஷ்டவசமாக, போர்ஷசோவ் நிலைமையை உணர்ந்து விபத்தைத் தவிர்க்க என்ன செய்வதென்று தீர்மானித்தார். தனது ரயில் வண்டியை நிறுத்தி அதையும் மணிக்கு 15கிமீ வேகத்தில் பின்புறமாக

ஓட்டினார். இதனால் 36 பெட்டிகளும் சேதமின்றி போர்ஷ்சோவின் இஞ்சினுடன் சேர்ந்து கொண்டு நிற்கலாயின.

ரயிலில் செல்லும் போது சிரமமின்றி எழுத உதவும் சாதனம் ஒன்றிலும் இதே கோட்பாடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. தண்டாவாளங்களின் இணைப்புக்களின்மீது ரயில்வண்டி ஓடும் போது ஏற்படும் அதிர்வுகள் காரணமாய், ஓடும் ரயிலில் எழுதுவது எவ்வளவு கடினம் என்பது தெரிந்ததே. இந்த அதிர்வுகள் காகிதத்தின் மீதும் பேனாமீதும் ஒரே நேரத்தில் செயல்படுவதில்லை. எனவே, இரண்டின் மீதும் இவ்வதிர்வுகள் ஒரே சமயத்தில் செயல்படும்படி செய்வதற்கான ஒரு சாதனத்தை நாம் அமைக்க வேண்டும். இரண்டின் மீதும் அதிர்வுகளை ஒரே சமயத்தில் செயல்பட்டால் ஒன்றை ஒன்று பொறுத்தவரை அவை நிலையாகவே இருக்கும்.

படம் 22இல் அத்தகைய சாதனம் ஒன்றைக் காணலாம். வலது மணிக்கட்டு a என்னும் சிறிய பலகை ஒன்றுடன் கட்டப்பட்டுள்ளது. இச்சிறிய பலகை b என்னும் பலகையில் மேலும் கீழுமாக நகருகிறது. 5 பலகையோ ரயில் பெட்டியில் இருக்கும் மேஜையின்மீது பொருத்தப்பட எழுதும் பலகையின் காடிகளின் வழியே முன்னும் பின்னுமாய் நகருகிறது. இந்த ஏற்பட்டினால் எழுதுவதற்குக் கை நகர போதிய வசதி கிடைப்பது மட்டுமன்றி, ஒவ்வொரு



படம் 22. ரயிலில் போகும்போது எழுதுவதற்கான சாதனம்.

அதிர்வும் காகிதத்தின் மீதும் பேனாமீதும் (அல்லது போனவைப் பிடித்துக் கொண்டும் கை மீதும்) ஒரே சமயத்திலும் அதே பலத்துடனும் செயல்படுகிறது. இதனால் வீட்டில் மேஜைமீது எழுதுவதுபோல எழுத

வசதி கிடைக்கிறது. இதிலுள்ள ஒரு குறைபாடு என்னவென்றால், இவ்வதிர்வுகள் மணிக்கட்டின் மீதும் தலையின் மீதும் ஒரே சமயத்தில் செயல்படுவதில்லை. ஆதலால் நாம் எழுதுவது கோணல்மாணாலா இருப்பது போல் தோன்றுகிறது.

உங்களையே நீங்கள் நிறுத்துக் கொள்வது எப்படி?

தராசுத் தட்டின்மீது அசையாது நின்றால்தான் உங்களுடைய சரியான எடை தெரியும். ஏன்? நீங்கள் குனியும்போது, இதைச் செய்யும் தசைகளே உங்கள் உடலின் கீழ்ப்பகுதியையும் மேலே இழுக்கின்றன; எனவே உங்கள் உடல் தராசுத் தட்டின் மீது செலுத்தும் அழுத்தம் குறைக்கப்படுகிறது. மாறாக நீங்கள் நிமிரும் போது, உங்கள் தசைகள் உடலின் மேற்பகுதியையும் கீழ்ப்பகுதியையம் எதிர் எதிரான திசைகளில் இழுக்கின்றன. ஆகவே, உடலின் கீழ்ப்பகுதி தராசின் மீது அதிகமாக அழுத்துவதால், தராசு அதிகமான எடையைக் காண்பிக்கும்.

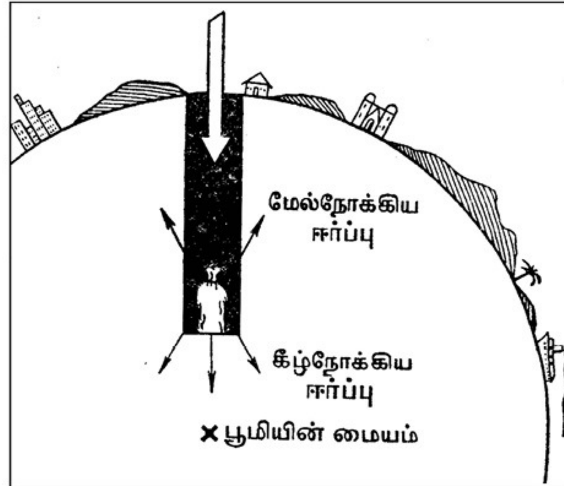
தராசு நுட்பமானதாய் இருந்தால் உங்கள் கையை மாத்திரம் உயர்த்திக்கூட உடல் எடையின் அளவை மாற்றலாம். உங்கள் உடலுக்கு இருப்பதாகத் தோன்றும் எடையைக் கையின் இந்த இயக்கம் அதிகப்படுகிறது. கையை உயர்த்துவதற்கு நீங்கள் உபயோகிக்கும் தசைகளுக்குத்தோள் ஆதார தானமாக இருக்கிறது. எனவே, உடலுடன் அதையும் அவை கீழ்ப்புறமாகத் தள்ளுகின்றன. அதே சமயத்தில் தராசுத்தட்டின் மீதுள்ள அழுத்தத்தையும் அதிகப்படுத்துகின்றன. கையை உயர்த்துவதை நிறுத்தினால், எதிர்த்திசைத் தசைகளின் பிறிதொரு தொகுப்பு வேலை செய்யத் தொடங்கி தோளைக் கையின் நுனிக்கருகே கொண்டுவர முயலுகிறது. இதனால், உங்கள் உடலின் எடை - அல்லது தராசுத் தட்டின் மீது அது செலுத்தும் அழுத்தம் குறைகிறது. மாறாக கையைக் கீழே கொண்டுவரும் போது, உடலின் எடையைக் குறைக்கிறீர்கள். கீழே கொண்டு வருவதை நிறுத்திவிட்டால் எடை அதிகரிக்கிறது. சுருங்கச்சொன்னால், தசைகளை உபயோகித்து உடலின் எடையை உங்களால் கூட்டவோ குறைக்கவோ முடியும்; எடை என்னும் போது, தராசுத் தட்டின் மீது உடல் செலுத்தும் அழுத்தத்தையே குறிப்பிடுகிறோம்.

பொருளின் எடை அதிகமாவது எங்கே?

மேலே செல்லச் செல்ல, பூமியின் ஈர்ப்பு குறைகிறது. ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள பளுவை **6,4000** கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கு, அதாவது

பூமியின் மையத்திலிருந்து அதன் ஆரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்கு அளவு உயரத்திற்குத் தூக்க முடியுமானால் (அப்போது ஈர்ப்புச் சக்தி 2=4 மடங்கு பலவீனமாகிவிடுகிறது) அந்நிலையில் சுருள்வில் தராசின் முள் **1,000** கிராமிற்குப் பதிலாக **250** கிராம்தான் காண்பிக்கும், ஈர்ப்பு விதியின்படி பூமி தனது முழு நிறையும் தன் மையத்தில் குவிந்திருப்பது போன்றே பொருள்களை கவர்ந்திழுக்கிறது. இக்கவர்ச்சிச் சக்தி தொலைவின் வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் குறைகிறது. நமது எடுத்துக்காட்டில் ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள பளுவை பூமியின் மையத்திலிருந்து இரண்டு ஆரத் தொலைவு உயர்த்தினோம்; எனவே, கவர்ச்சி **22=4** மடங்கு பலவீனாயிற்று. பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து **12,800** கிலோமீட்டர் தொலைவில், அதாவது பூமியின் ஆரத்தைப்போல் மூன்று மடங்குத் தொலைவில் வைத்தால், கவர்ச்சி சக்கி **3=9** மடங்கு பலவீனமடையும். அப்போது சுருள்வில் தராசின் முள் நமது **1,000** கிராம் எடையுள்ள பளுவை **111**கிராம் எடையுள்ளதாகக்கதான் காண்பிக்கும்.

ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள நமது பளுவை பூமிக்குள் அதிக ஆழத்தில் வைத்தால், கவர்ச்சி சக்தி அதிகமாகி, பளுவின் எடையும் அதிகரிக்கும் என்று நீங்கள் முடிவு செய்யலாம். எனினும் உங்கள் முடிவு தவறானது. கீழே செல்லச் செல்ல, பொருள்ளின் எடை அதிகரிப்பதில்லை; மாறாக குறைகிறது. ஏனெனில்



படம் 23. பூமியின் யைமத்தை நோக்கிச் செல்லச் செல்ல ஈர்ப்பு குறைகிறது.

அது ஆழத்தில் இருக்கும்போது, பூமியின் ஈர்ப்பு விசைகள் பொருளின் ஒரு பக்கத்தின் மீது மட்டுமல்லாமல் எல்லாப் பக்கங்களின் மீதுமே

செயல்படுகின்றன. படம் 23இல் ஒரு கிலோகிராம் எடையுள்ள நமது பளு ஒரு கிணற்றினுள்ளே வைக்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். பளு, அதற்குக் கீழ்புறம் உள்ள சக்திகளாலும் மேற்புறம் இருக்கும் சக்திகளாலும் ஒரே சமயத்தில் இழுக்கப்படுகிறது. பூமியின் மையத்திலிருந்து பொருள் இருக்கும் தொலைவுக்குச் சமமான ஆரமுடைய கோளத்தின் இழுப்புத்தான் இங்கு முக்கியமானது எனலாம். ஆகவே பூமியினுள் கீழே செல்லச் செல்ல, பளுவின் எடை குறைய வேண்டும். பூமியின் மையத்தில் அதன் எடை ஒன்றுமேயில்லாமல் இருக்க வேண்டும்; ஏனெனில் இங்கே எல்லாப் பக்கங்களிலும் சமமான விசைகளால் அது கவர்ந்திழுக்கப்படும்.

ஆக, பூமியின் மேற்பரப்பில் தான் ஒரு பொருள் அதிக அளவு எடையுள்ளது; உயரத் தூக்கப்பட்டாலும் சரி, கீழே ஆழத்தில் வைக்கப்பட்டாலும் சரி அதன் எடை குறைகிறது (பூமியின் அடர்த்தி எங்கிலும் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் தான் இது சரியாயிருக்கும். உண்மையில், மையத்திற்கு நெருங்கிச் செல்லச்செல்ல பூமியின் அடர்த்தி அதிகமாகிறது; பூமியின் உட்பகுதியில் செல்லும் போது ஈர்ப்புச் சக்தி சற்று தூரம் வரை உயருகிறது; பிறகுதான், அது குறையத் தொடங்குகிறது.)

கீழே விழும் பொருளின் எடை என்ன?

மாடி ஏறும் 'லிப்ட்' பொறியில் கீழே இறங்கத் தொடங்கும்போது உண்டாகும் விசித்திரமானதோர் உணர்ச்சியை நீங்கள் அனுபவித்திருக்கிறீர்களா? அசாதாரணமான அளவுக்கு இலேசாய் இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது; அப்படியே இல்லாத மாபெரும் பள்ளத்தில் விழுந்து கொண்டிருக்கும்போதுகூட அதே உணர்ச்சி உண்டாகிறது. எடையின்மையின் காரணமாகவே இவ்வுணர்ச்சி ஏற்படுகிறது. 'லிப்ட்' கூண்டின் தரைப்பகுதி இறங்கத் தொடங்கிய முதல் கணத்தில், நீங்கள் இன்னும் அதன் வேகத்தை அடையாத அந்தக் கணத்தில், உங்கள் உடல் கூண்டின் தரைப்பகுதிமீது செலுத்தும் அழுத்தம் ஏறக்குறைய ஒன்றுமேயில்லை; எனவே, அதன் எடையும் அற்பமானதே. ஆனால், ஒரு கணம் சென்றபிறகு இவ்விசித்திர உணர்ச்சி மறைந்துவிடுகிறது. இப்போது உங்கள் உடல் சீராக இயங்கும் 'லிப்டை விட வேமாகச் செல்ல முற்படுகிறது; தனது முழு எடையும் அடைந்து, கூண்டின் தரைமீது தனது அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது.

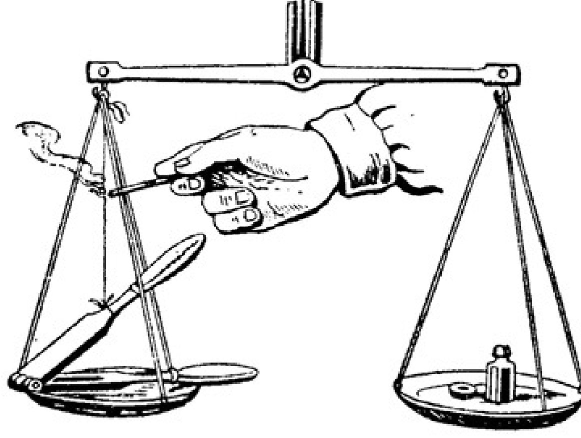
சுருள்வில் தராசு ஒன்றின் கொக்கியில் ஒரு பளுவை இணைக்கவும், பளுவுடன் கூடத் தராசையும் விரைவாக இறக்கவும்; அப்போது,

முள்ளைக் கவனித்துப் பாருங்கள். தராசின் இடைவெளித் துவாரத்தில் ஒரு தக்கையைப் பொருத்தி, அது எங்ஙனம் நகருகிறது என்பதைக் கவனியுங்கள். முள் முழு எடையையும் காண்பிக்காது; எடை குறைவாகவே இருக்கும். தராசு சுயேச்சையாக விழுந்து கொண்டிருந்து அப்போது முள்ளை நீங்கள் கவனிக்க முடிந்தால், பளுவின் எடை பூஜ்ஜியம் என அது காண்பிக்கும்.

மிகவும் கடினமான பொருள்கூட விழும்போது தனது எடை முழுவதையும் இழந்துவிடுகிறது. இதன் காரணத்தை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். ஒரு பொருள், தன்னை மேலே பிடித்து வைத்துக் கொண்டிருப்பதன் மீதோ, தன்னைத் தாங்கிக் கொண்டிருப்பதன் மீதோ செலுத்தும் சக்தியே அதன் "எடை" எனப்படுகிறது. **கீழே விழும்** பொருள் தராசின் சுருள்வில்லை இழுக்க முடியாது; ஏனெனில், தராசும் அதோடு கூட விழுந்து கொண்டிருக்கிறது. விழுந்து கொண்டிருக்கும் பொருளினால் எதையும் இழுக்கவோ அழுத்தவோ முடியாது. ஆகவே, கீழை விழும்ன்போது ஒரு பொருளின் எடை என்ன என்று கேட்பது ஒரு பொருளுக்கு எடையே இல்லாதபோது அதன் எடை என்ன என்று கேட்பதையே ஒக்கும்!

இயக்கயலின் தந்தையான கலிலேயோ 17ஆவது நூற்றாண்டிலேயே தமது ஒரு **புதிய விஞ்ஞானத்தின் இரு துறைகளைப் பற்றிய கணிதச் சான்றுகள்** என்னும் நூலில் பின்வருமாறு எழுதினார்: "பளு ஒன்று கீழே விழுந்துவிடாதவாறு இருக்க நாம் முயலும்போது நமது முதுகின் மீது பளு இருப்பதை உணர்கிறோம். ஆனால், பளு எவ்வளவு வேகத்துடன் விழுகிறதோ அதே வேகத்துடன் நாமும் விழுவதாயிருந்தால், அது எப்படி நம்மீது அழுத்த முடியும்? எனவே, அது எப்படிச் சுமையாயிருக்க முடியும்? நாம் ஓடும் அதே வேகத்தில் நமக்கு முன்னால் ஓடும் ஒருவர்மீது ஈட்டியைக் (கையிலிருந்து அதைவிட்டுவிடாமல் - யா, பெரரெல்மான்) செருக முயல்வது போன்றதாகும் இது".

கீழ்க்காணும் எளிய பரிசோதனை இவ்வுண்மையை விளக்கிக் காட்டும். பாக்குவெட்டியின் ஒரு பிடி தராசின் ஒரு தட்டில் வைத்து மற்றொரு பிடியைத் தூக்கி நூலினால் அதே தட்டிற்கு மேல் தராசுக்கோலின் முனையிலுள்ள கொக்கியுடன் கட்டுங்கள். (படம் 24) பாக்குவெட்டிக்குச் சரியான எடைக்கற்களை மற்றொரு தட்டில் போடவும். தீக்குச்சியைப்



படம் 24. விழுந்து கொண்டிருக்கும் பொருள்களுக்கு எடை இல்லை.

பற்ற வைத்து நூலில் காட்டவும். நூல் எரிந்து, பாக்கு வெட்டியின் தூக்கிக் கட்டப்பட்ட பிடி தராசுத் தட்டின் மீது விழும். பாக்குவெட்டி இருக்கும் தட்டு கீழே தாழுமா? மேலே உயருமா? அல்லது, சமநிலையில் இருக்குமா? விழுந்து கொண்டிருக்கும் பொருளுக்கும் எடை இல்லை என்பது இதற்குள் உங்களுக்குத் தெரியுமாதலால், சரியான விடை என்ன என்பது உங்களுக்குத் தெரிந்திருக்க வேண்டும். ஒரு கணநேரம் தட்டு மேலே உயரும். பாக்குவெட்டியின் மேற்பிடி கீழ்ப்பிடியுடன் இணைக்கப்பட்டிருந்தாலும், மேற்பிடி செலுத்தும் அழுத்தம் அது நிலையாக இருக்கும் போதைவிட விழும் போது குறைவாக இருக்கிறது. கணநேரத்திற்கு, பாக்குவெட்டியின் எடை குறைகிறது; அகவே, அது இருக்கும் தட்டு உயருகிறது.

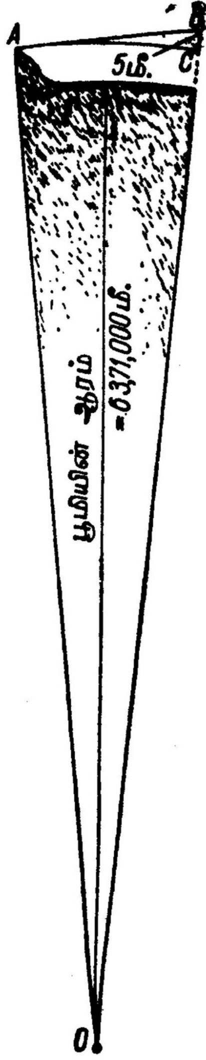
பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்கு

1865க்கும் **1870**க்கும் இடையே பிரான் நாட்டில் ஜூல்வேர்ன் என்பவர் எழுதிய **பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்கு** என்னும் நூல் வெளியாயிற்று; ஆட்கள் உள்ள மாபெரும் எறிகலம் ஒன்றைச் சந்திரனின் மீது எறிவதற்கான ஒரு விந்தைத் திட்டம் அதில் விவரிக்கப்பட்டது. அவர் எழுதியதை நீங்கள் படித்தால், அது மெய்யாகவே நடக்கக்கூடியது என்றே நினைப்பீர்கள் - அவர் எழுதியிருந்தது அவ்வளவு நம்பத்தக்கதாய் இருந்தது. அதைப் பற்றி இப்போது சிறிது ஆராயலாம். பூமியை சுற்றியும் மனிதர்கள் சந்திரனுக்குச் சென்றும் வரும் இந்நாட்களில், விண்வெளிப் பயணத்திற்கு வேண்டியவை ராக்கெட்டுகளே அன்றி,

பீரங்கிகளிலிருந்து எறியப்படும் எறிகலங்கள் அல்ல என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆயினும் ராக்கெட்டில் கடைசிக் கட்டம் எரிந்து போனபின், எறிகலவியல் விதிகளுக்கிணங்கவே ராக்கெட்டு பறப்பதால் பெரெல்மான் தற்காலத்துக்கு மிகவும் பிறப்பட்ட நிலையில் இருந்ததாய்க் கருத வேண்டாம்.

ஒரு பீரங்கியிலிருந்து - கோட்பாட்டளவிலாவது - குண்டு ஒன்றை, மீண்டும் அது பூமியின் மீது திரும்பி விழாத வகையில் எறிய முடியுமா என்பதை முதலில் கவனிக்கலாம். அது சாத்தியமானதே என்று கோட்பாடு கூறுகிறது. கடைமட்டமாகச் சுடப்படும் குண்டு ஏன் இறுதியில் பூமியின் மீது வந்து விழுகிறது? பூமி அதைக் கவர்ந்திழுப்பதால், அதன் பாதை பூமியை நோக்கி வளைக்கப்படுகிறது. நேராகச் சொல்லாமல் அது பூமியை நோக்கி வளைந்து வரத் தொடங்குகிறது; எனவே, விரைவாகவோ தாமதமாகவோ அது தரைக்கு வந்தே ஆக வேண்டும். பூமியின் பரப்பும் வளைவாகவே உள்ளது; ஆனால், குண்டின் பாதை மேலும் அதிக அளவுக்கு வளைகிறது. எனினும், பூமியின் பரப்பைப்போலவே வளைந்திருக்கும் ஒரு பாதையில் குண்டு செல்லும்படிச் செய்தால், அது திரும்பவும் பூமிக்கு வரவே வராது. மாறாக, பூமியின் சுற்றுக் கோட்டுன் ஒரே மையங் கொண்ட பாதையில் அதன் துணைக்கோளைப் போல் ஒரு குட்டிச் சந்திரனைப் போல் - அது இயங்கி வரும்.

ஆனால், குண்டு அத்தகைய பாதையில் செல்லும்படி 5மீ. செய்வது எப்படி? நாம் செய்ய வேண்டியதெல்லாம், அதற்குப் போதிய துவக்க வேகத்தைத் தர வேண்டும். பூமியின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தை காண்பிக்கும் படம் 25ஐப் பாருங்கள். மலை ஒன்றின் மீதுள்ள A என்னும் இடத்திலிருக்கும் ஒரு பிரங்கியிலிருந்து கடைமடத்து திசையில் சுடப்படும் குண்டு, பூமியின் ஈர்ப்பு மட்டும் இல்லாமலிருந்தால், ஒரு வினாடிக்குப் பின்னும் B என்னும் இடத்தில் இருக்கும். ஆனால் நக்கு ஐந்து மீட்டர் கீழேயிருக்கும் C என்னும் இடத்திற்கே அது வருகிறது. பூமியின் ஈர்ப்புச் சக்தியினால், பரப்பிற்கு அருகே தன்னிச்சையாக விழும் பொருள் ஒன்று முதல்வினாடியில் (வெற்றிடத்தில்) செல்லும் தூரம் ஐந்து மீட்டரே ஆகும். இந்த ஐந்து மீட்டர் தொலைவு கீழே இறங்கிய பிறகும், Aஇல் சுடப்பட்ட போது பூமியினின்று எந்தத் தூரத்தில் இருந்ததோ அதே தூரத்தில் நமது குண்டு இருந்தால், பூமியின் சுற்றுக் கோட்டுடன் ஒரே மையங்கொண்ட ஒரு பாதையிலேயே அது செல்கிறது என்றாகிறது. இனி நாம் செய்ய வேண்டியது எல்லாம், AB தெலைவை (படம் 25) அதாவது ஒரு வினாடியில் குண்டு கிடைமட்டமாகச் செல்லும் தொலைவைக்



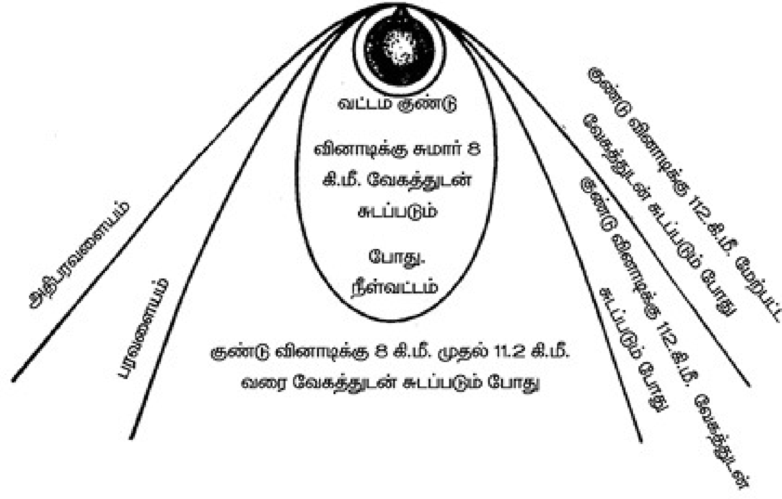
படம் 25. குண்டின் "தப்பும் வேகத்தைக் கணக்கிடும் முறை.

கணக்கிடுவதுதான்.

இதிலிருலந்து நமக்குத் தேவையான வேகத்தின் அளவு தெரிந்துவிடும். **AOB** முக்கோணத்தில், **OA** பூமியின் ஆரமாகும் (சுமார் **63,70,000** மீட்டர்); **OC=OA; BC=5** மீட்டர்; பிதகோர தேற்றத்தின்படி,

(AB)2=(63,70,005)2-(63,70,000)2

இச்சமன்பாட்டை விடுவித்தால், **AB** சுமார் **8** கி.மீ என்னும் விடை கிடைக்கிறது.



படம் 26. குண்டு வினாடிக்கு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வேகத்தில் சுடப்படும் போது.

எனவே, காற்றுத் தடை எதுமில்லாவிட்டால், வினாடிக்கு 8 கி.மீ துவக்க வேகத்துடன் கிடைமட்டமாகச் சுடப்படும் குண்டு திரும்பவும் தரைக்கு வரவே வராது; அது ஒரு நிரந்தரமான குட்டிச் சந்திரானாகிவிடும்.

இப்போது, நமது குண்டுக்கு இன்னும் அதிகமான துவக்க வேகத்தைக் கொடுப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அப்போது அது எங்கே செல்லும்? துவக்க வேகம் வினாடிக்கு 89 அல்லது 10 கி.மீ. ஆக இருந்தால், அதன் பாதை ஒரு நீள்வட்டமாக இருக்கும் (துவக்க வேகம் அதிகமாக ஆக, நீள் வட்டம் மேன்மேலும் அதிக அளவிற்கு நீண்டிருக்கும்) என்று வான் இயக்கியல் விஞ்ஞானிகள் காண்பித்திருக்கிறார்கள். வேகத்தின் அளவு வினாடிக்கு 11.2கி.மீக்குச் சமமாயிருந்தால், நமது குண்டின் பாதை நீள்வட்டமாயிராது; ஒரு திறந்த வளைகோடாக, பரவளைவாக இருக்கும்; பூமியிலிருந்து சென்ற குண்டு திரும்பி வரவே வராது (படம் 26). ஆகவே, கோட்பாட்டுரீதியில், துவக்க வேகம் மட்டும் போதுமான அளவுக்கு அதிமாயிருந்தால், பீரங்கிக் குண்டினுள் உட்கார்ந்து கொண்டு சந்திரனுக்குச் செல்வது சாத்தியமே. எனினும், இப்பிரச்சினையில் சில தனிப்பட்ட சிக்கல்கள் உள்ளன. இதைப்பற்றி மேலும் விவரமாகத் தெரிந்து கொள்ள வேண்டும் என்றால் பொழுதுபோக்குப் பௌதிகத்தின் இரண்டாம் புத்தகத்தையும், எனது இன்னொரு நூலான கிரகங்களுக்குப் பிரயாணம் என்பதையும் பார்க்கவும். (சற்று முன் கூறியதில், வளிமண்டலத் தடை என்பதைப் புறக்கணித்துவிட்டோம்; ஆனால் நடைமுறையில் அத்தகைய

மாபெரும் வேகங்களை அடைவதில், அது மிகுந்த சிக்கல்களை உண்டாக்கி, அதை அசாத்தியமான ஒன்றாகக்கூடச் செய்துவிடக்கூடும்.)

சந்திரனுக்கு பறந்து செல்லுதல்:
ஜூல் வேர்னின் கற்பனையும் உண்மையும்

ஜூல் வேர்ன் எழுதிய பூமியிலிருந்து சந்திரனுக்கு என்னும் நூலைப் படித்திருப்பவர்களுக்கு, பூமியின் ஈர்ப்பும் சந்திரனின் ஈர்ப்பும் சமமாயுள்ள எல்லையை எறிகலம் குறுக்கிடும்போது நிகழ்வதை விவரிக்கும் பகுதி நினைவிருக்கலாம். அப்போது விந்தையானவை பல நிகழ்ந்தன என்று வேர்ன் கூறுகிறார். எறிகலத்திலனுள் இருந்த எல்லாப் பொருள்களும் எடையற்றுப்போயின; பிரயாணிகளே காற்றில் மிதக்க ஆரம்பித்தனர்.

இவை யாவற்றிலும் தவறு ஒன்றும் இல்லை. ஜூல் வேர்ன் மறந்து போனது என்னவென்◌ாறல், அவர் குறிப்பிட்ட அந்த ஒரு இடத்தல் மட்டும் அவ்வாறு நிகர்கிறது என்பதில்லை; அதற்கு முன்னும் பின்னும்கூட - உண்மையில், **தன்னிச்சையாகப் பறக்கத் தொடங்கியவுடனேயே** - அவ்வாறுதான் நிகர்கிறது.

நம்பமுடியாததாய் தோன்றியது, இல்லையா? இருப்பினும், முக்கியமான விவரத்தை இதன்முன் கவனிக்காமல் போய்விட்டதைப் பற்றி நீங்கள் விரைவில் ஆச்சரியப்படுவீர்கள். எடுத்துக்காட்டிற்கு ஜூல் வேர்னின் நூலுக்கே செல்லலாம். செத்துப் போன நாயை அண்டவெளிப் பிரயாணிகள் வெளியே தள்ளியது, அது பூமியை நோக்கித் திரும்பிச் செல்லாது. எரிகலத்தின் பின்னாலேயே தொடர்ந்து சென்ற விவரத்தைப் படித்ததை நீங்கள் மறந்திருக்க மாட்டீர்கள். ஜூல் வேர்ன் இதைச் சரியான முறையில் விவரித்து விளக்கினார். வெற்றிடத்தில் எல்லாப் பொருள்களும் ஒரே வேகத்தில் விழுகின்றன; ஒவ்வொன்றுக்கும் ஈர்ப்பினால் ஏற்படும் முடுக்கம் ஒரே அளவுள்ளதாகவே இருக்கிறது. ஆகவே, எறிகலம், செத்த நாய் ஆகியவை இரண்டுக்குமே (ஒரே வளர்வேகம் காரணமாக) ஒரே விழுவேகம் இருக்க வேண்டும். அல்லது ஈர்ப்புக் காரணமாக அவற்றின் துவக்க வேகங்கள் ஒரே அளவில் குறைய வேண்டும். எனவே, இரண்டும் ஒரே வேகத்தில் பறக்க வேண்டும். ஆகையால்தான், வெளியே தள்ளப்பட்ட பிறகும் நாயின் உடல் எறிகலத்தைத் தொடர்ந்து வந்துகொண்டே இருந்தது.

ஜூல் வேர்ன் கவனிக்கத்தவறியது என்னவென்றால், **வெளியே தள்ளப்பட்டபின்** நாயின் உடல் பூமிக்குத் திரும்பவிழவில்லை எனில்,

எறிகலத்தின் உள்ளே இருந்தபோது அது ஏன் விழவேண்டும் என்பதுதான். சமமான சக்திகள்தாம் இரண்டுக்கும் செயல்படுகின்றன; எறிகலத்தினுள்ளே அந்தரத்தில் நிறுத்தப்பட் நாயின் உடல் அதே நிலையிலேயே இருக்க வேண்டும் ஏனெனில், அதன் வேகமும் எறிகலத்தின் வேகமும் ஒன்றே. ஆகவே **எறிகலத்தைப் பொறுத்தவரை** அது இயக்கமற்றதாகவே இருக்கும்.

நாயின் உடலுக்கு நேருவதுதான் எறிகலத்தினுள் இருக்கும் பிராயாணிகளுக்கும், பொதுவாக எல்லாப் பொருள்களுக்குமே நேரும். ஏனெனில், அவை எல்லாமே எறிகலம் செல்லும் அதே பாதையில் அதே வேகத்தில் செல்கின்றன. நிற்பதற்கோ, உட்காருவதற்கோ, படுப்பதற்கோ ஒன்றும் இல்லாவிட்டாலுங்கூட அவை விழக்கூடாது. ஒரு நாற்காலியை எடுத்து, தலைகீழாகத் திருப்பி, கூரைக்கருகே அதை உயர்த்தினாலும் அது "கீழே" விழுவதில்லை; ஏனெனில், கூரையுடன் கூட அதுவும் நகர்ந்து கொண்டிருக்கும். இந்நாற்காலியின் மீது ஒருவன் தலைகீழாகவும், விழுந்துவிடாமலும் உட்காரலாம். அவனை விழச் செய்வதற்கு எதனால் முடியும்? அவன் கீழே விழுந்தாலோ மிதந்துவந்தாலோ, எறிகலத்தின் வேகம் நாற்காலியின் மீதுள்ள மனிதனின் வேகத்தைவிட அதிகமாயுள்ளது என்றுதான் பொருள்; இல்லாவிடில், நாற்காலி மிதக்கவோ, விழவோ செய்யாது. ஆனால் எறிகலத்தினுள் இருக்கும் ஒவ்வொன்றிற்கும் அதற்குள்ள முடுக்கம் இருக்குமாதலால், இது சாத்தியமில்லை. ஜூல் வேர்ன் கவனிக்கத் தவறியது இதுதான் : எறிகலம் வானவெளியில் இருக்கும் போது, அதற்குள் இருக்கும் ஒவ்வொன்றும் அதன் தரைமீது அழுத்தும் என்று அவர் நினைத்தார். ஒரு பளுவைத் தாங்கும் ஆதாரமானது அசையாது நிலையாயிருப்பதால்தான், அதன் மீது அப்பளு அழுத்துகிறது என்பதை அவர் மறந்துவிட்டார். ஆனால், பொருளும் அதைத் தாங்கும் ஆதாரமும் ஒரே வளர்வேகத்தில் விண்வெளியில் சென்றால், ஒன்று மற்றொன்றின் மிது அழுத்தம் ஏற்படுத்த முடியாது. (இந்த முடுக்கம் ஏதாவதொரு அயலான சக்தியினால் உருவாக்கப்பட்டால் தான், எடுத்துக்காட்டாக, ராக்கெட்டை இயக்கும் எஞ்சின் மூலமோ, காற்றுத் தடையின்மூலமோ அல்லாது மாறாக கிரகத்தின் ஈர்ப்புச் சக்தியினால் இந்த வளர்வேகம் உருவாக்கப்பட்டதால்தான் மேற்கூறியது நிகழ முடியும்.)

ஆகவே எறிகலம் தனது உந்து விசையைக் கொண்டே பறக்கத் தொடங்கியவுடன், அதிலிருந்து பிற பொருள் ஒவ்வொன்றையும் போன்றே பிரயாணிகளும் முற்றிலும் எடையில்லாது போய், அதனுள் மிதக்கத்

தொடங்கினர். அதைக் கொண்டு மட்டுமே, தாங்கள் விண்வெளியில் பறக்கிறோமா, பீரங்கியினுள்ளேயே இன்னமும் இருக்கிறோமா என்பதைப் பிரயாணிகள் கண்டு கொள்ளலாம். ஆயினும் விண்வெளியில் எறிகலம் வீசப்பட்ட முதல் அரைமணியில் தாங்கள் நகருகிறோமா இல்லையா என்பதை எவ்வளவு முயன்றாலும் அவர்களால் ஊகிக்க முடியவில்லை என்று சொல்லுகிறார், ஜூல் வேர்ன்.

“நிக்கோள், நாம் நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறோமா?”

“நிக்கோளும் பார்பிகேனும் ஒருவரை ஒருவர் பார்த்துக் கொண்டனர்.

“உண்மையில் நாம் பறந்து சென்று கொண்டா இருக்கிறோம்? மிஷேல் அர்டான் மீண்டும் கேட்டான்.

“அல்லது அமைதியாக பிளாரிடாவில் தரையில் இருக்கிறோமா? என்றான் நிக்கோள்.

“அல்லது, மெக்ஸிகோ வளைகுடாவில் ஆழத்தில் கிடக்கிறோமா?” என்று தொடர்ந்து கேட்டான் மிஷேல் அர்டான்.

நீராவி கப்பலில் பிரயாணம் செய்யும் ஒருவனுக்கு இச்சந்தேகங்கள் இருக்கலாம். விண்வெளிப் பிரயாணிக்கு அவை இருக்கவே முடியாது; ஏனெனில், நீராவிக் கப்பலில் பிரயாணம் செய்பவன் தனது எடையை இழந்துவிடுவதில்லை; ஆனால், விண்வெளிப் பிரயாணியினால் தனது எடை மறைவதை உணராமல் இருக்க முடியாது.

ஜூல் வேர்னின் எறிகலம் சிறியதோர் விசித்திர உலகாகவே இருந்திருக்கும். அங்கு பொருள்களுக்கு எடை இராது; கீழே விழாமல் அந்தரத்தில் அவை மிதந்து கொண்டிருக்கும். எங்கு வைத்தாலும் அவை தமது சமநிலையை இழக்கமாட்டா; சீசாவைச் சாயத்தால் தண்ணீர்கூடக் கிழே கொட்டாது. கற்பனை சிறகடித்துப் பறக்க நிறைய வாய்ப்புள்ள இந்த அரிய சந்தர்ப்பத்தில் ஜூல் வேர்ன் தவறிழைத்து அதைக் கைநழுவ விட நேர்ந்தது வருந்தத்ததக்கது. (எடையற்ற நிலையில் முதல் முறையாக இருந்த மனிதர்கள் சோவியத் அண்டவெளிவலவர்கள்தாம். அவர்களின் பறத்தலைத் தொலைக்காட்சி வாயிலாகக் கண்ட கோடிக்கணக்கான மக்கள், கையிலிருந்து விடப்பட்ட பொருள்கள் மிதந்தையும், அண்டவெளிக் கப்பலுக்குள்ளும், கப்பலின் வெளியேயும் கூட அண்டவெளிவலவர்கள் மிதந்ததையும் தொலைக்காட்சித் திரைகளில் பார்த்தனர்.)

தவறான தராசைக்கொண்டு சரியான எடையை அறியலாம்.

சரியான எடையை அளக்க எது அதிக முக்கியமானது தராசா, எடைக்கற்களா? எடைக்கற்கள் மட்டும் சரியாக இருந்துவிட்டால், தவறான தராசினால்கூடச் சரியான எடையைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இதற்குப் பல வழிகள் உள்ளன; அவற்றின் இரண்டைப்பற்றி மட்டும் கவனிப்போம்.

முதல்முறை, பிரபல ருஷ்ய வேதியியல் அறிஞர் டிமிட்டிய் மெந்திலேயெவ் என்பவர் கூறியதாகும். தராசின் ஒரு தட்டில் ஏதாவது ஒரு பொருளை வைக்கவும்; நீங்கள் நிறுக்க விரும்பும் சாமானைவிட அதன் எடை அதிகமாயிருக்கும்படி மட்டும் பார்த்துக் கொள்ளவும். மற்றொரு தட்டில் எடைக்கற்களைப் போட்டுத் தராசை சமநிலைப்படுத்தவும். பிறகு, எடைக்கற்கள் இருக்கும் தட்டில் நீங்கள் நிறுக்க வேண்டிய சாமானையும் வைத்து, மீண்டும் சமநிலை ஏற்படும் வரை எடைக்கற்களை எடுக்கவும். நீங்கள் எடுத்த கற்களின் மொத்த எடை அச்சாமானின் எடை ஆகும். இம்முறை "மாறாச்சுமை முறை' என்று அழைக்கப்படுகிறது. சிறப்பாக, தொடர்ச்சியாகப் பல சாமான்களை நிறுப்பதற்கு இந்த முறை மிகவும் நல்லது. துவக்கத்தில் வைக்கப்பட்ட சுமை நீங்கள் நிறுக்க விரும்பும் ஒவ்வொன்றையும் நிறுப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

மற்றொரு முறை "போர்டா முறை" எனப்படுவதாகும். போர்டா என்னும் விஞ்ஞானி கூறியதால் அதற்கு இப்பெயர். அது வருமாறு:

நீங்கள் நிறுக்க விரும்பும் சாமானை ஒரு தட்டில் வைக்கவும். பிறகு மணலையோ, ஈய ரவைகளையோ மற்றொரு தட்டில் போட்டு சமநிலைப்படுத்தவும். முதல்தட்டிலிருந்து சாமானை எடுக்கவும்-ஆனால், மறு தட்டிலிருக்கும் மணலையோ ஈயரவைகளையோ தொடாதீர்கள். இப்போது சாமானை எடுத்துத் தட்டில் மீண்டும் சமநிலை ஏற்படும் வரை எடைக்கற்களை வைக்கவும். அவற்றின் மொத்த எடை சாமானின் எடையாகும். இம்முறை "மாற்றுப் பொருள் நிறுத்தல் முறை" என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

எளிய இம்முறையை, ஒரே தட்டுள்ள சுருள்வில் தராசிலும் பயன்படுத்தலாம்; ஆனால் எடைக்கற்கள் பிழையின்றிச் சரியாயிருக்க வேண்டும். இம்முறையில் மணலோ ஈயரவைகளோ தேவையில்லை. நிறுக்க வேண்டிய சாமானைத் தட்டில் வைத்துவிட்டு முன் காண்பிக்கும்

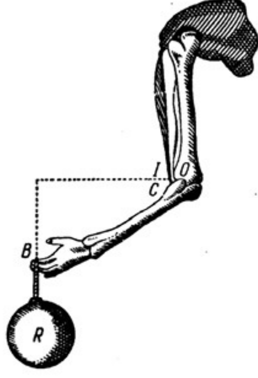
மதிப்பைக் குறித்துக் கொள்ளவும். பிறகு சாமானை எடுத்துவிட்டு அதே மதிப்பு வருவதற்குத் தேவையான எடைக்கற்களை வைக்கவும். அவற்றின் மொத்த எடையே சாமானின் எடை.

உங்கள் பலம்

நீங்கள் நினைப்பதைவிட அதிகம்

உங்களால் ஒரு கையினால் எவ்வளவு பளுவைத் தூக்க முடியும்? பத்து கிலோகிராம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். இது உங்கள் கையின் தசைத் திறனைக் குறிப்பதாக ஆகுமா? இல்லவே இல்லை: உங்கள் கையின் இருதலைத் தசை இன்னும் அதிக பலமுள்ளது. இத்தசை எப்படி வேலை செய்கிறது என்பதை படம் 27 காண்பிக்கிறது. உங்கள் முன்னங்கை எலும்பை ஒரு நெம்புகோலாகக் கொண்டால், அதன் ஆதார தானத்திற்கு அருகில் இது இணைக்கப்பட்டடுள்ளது. நீங்கள் தூக்கம் பளு இந்த உயிருள்ள நெம்புகோலின் மறுமுனையில் செயல்படுகிறது. பளுவுக்கும் ஆதார தானத்திற்கும் (அதாவது முழங்கை இணைப்பிற்கும்) உள்ள தூரம், இருதலைத் தசையின் முனைக்கும் ஆதார தானத்திற்குமுள்ள தூரத்தை விடக் கிட்டத்தட்ட எட்டு மடங்கு அதிகமாக்கும். அதாவது 10 கிலோகிராம் பளுவை நீங்கள் தூக்கும் போது உங்கள் இரு தலைத் தசை பயன்படுத்தும் விசையின் அளவு அதைப்போல் எட்டு மடங்கு அதிகமானது: எனவே, அதனால் 80 கிலோகிராம் பளுவைத் தூக்க முடியும்.

ஒவ்வொவரும் தாம் நினைப்பதைவிட அதிகப் பலமுள்ளவர் என்றால் அது மிகையன்று. அல்லது, நமது தசைகனினால் நாம் செய்யக்கூடியதைவிட அவை அதிக வலுவுள்ளவை என்று கூறுலாம். இது உசிதமான ஏற்பாடுதானா?



படம் 27. முன்னங்கை C நெரும்புகோல் போல் செயல்படுகிறது. போல் செயல்படுகிறது. சக்தி மில் செயல்படுகிறது. ஆதாரஸ்தானம் O; R பளு B இலிருந்து தூக்கப்படுகிறது. BO, IOவை விட சுமார் எட்டு மடங்கு நீளமுள்ளது. (இப்படம்) இயக்கியல் விதிகளை உடலியலில் முதன் முதலில் பயன்படுத்திய 17 ஆம் நூற்றாண்டில் இருந்த பிளாரென்ஸ் அறிஞர் போரேல்லி எழுதிய “விலங்குகளின் இயக்கங்கள் குறித்து” என்னும் பழைமையான நூலிலிருந்து எடுக்கப்பட்டது.

மேம்போக்காய்ப் பார்க்கையில் இல்லை என்றதான் எண்ணுவீர்கள். எந்த ஈடுமில்லாத நஷ்டம் என்றே தோன்றும். ஆயினும், இயக்கயிலின் பழைமையான “பொன்விதி” ஒன்றை, அதாவது, விசையில் ஏற்படும் இழப்பு இடப்பெயர்ச்சியில் லாபம் ஆகிறது என்பதை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளுங்கள். இங்கு, வேகத்தில் லாபம் கிடைக்கிறது. அதாவது உங்கள் கை அதன் தசைகளைவிட எட்டு மடங்கு விரைவாக இயங்குகிறது. விலங்குகள் தம் உடல் நுனிப் பகுதிகளை விரைவாய் இயங்கவைப்பதற்கு உதவும் முறையில் அவற்றின் தசைநார் ஏற்பாடு அமைந்திருக்கிறது. அழியாது நிலைப்பதற்கான போராட்டத்தில் பலதைவிட இதுதான் மிகவும் முக்கியமானது. இப்படி இல்லாவிட்டால், நாம் நத்தை வேகத்தில் தான் நகர்ந்து கொண்டிருப்போம்.

கூரான பொருள்கள் ஏன் குத்துகின்றன?

கூரான ஊசி பொருள்களினூடே ஏன் சுலபமாகத் துளைத்துக் கொண்டு செல்கிறது என்று நீங்கள் வியந்ததுதண்டா? துணியினூடே அட்டையினூ டோ கூரான ஊசியை எளிதாகச் செலுத்தமுடிகிறது. ஆனால், மழுங்கலான ஆணியைச் செலுத்துவது மிகவும் கடினமாயிருக்கிறதே, ஏன்? கூரான ஊசியைச் செலுத்தும் போது முழுச் சக்தியும் அதன் முனைமீது செலுத்தப்படுகிறது; ஆனால் மழுங்கலான ஆணியில் முனையின் பரப்பு அதிகமாயிருப்பதால் அதே சக்தி அதிகப்பரப்பின்மீது செயல்பட வேண்டியிருக்கிறது. எனவே, அதே சக்தியைச் செலுத்தினாலும், மழுங்கலான ஆணியைவிடக் கூரான ஊசியை உபயோகிக்கும்போது அதிக அழுத்தம் உண்டாகிறது.

இருபது பல் பரம்பு ஒன்றினாலும் அதே எடையுள்ள அறுபது பல் பரம்பைவிட அதிக ஆழத்திற்கு மண்ணை உதிர்க்க முடியும் என்பது அனைவருக்கும் தெரிந்ததே. காரணம் என்ன? இரண்டாவது பரம்பின் **ஒவ்வொரு பல்லையும் விட முதல் பரம்பின் ஒவ்வொரு பல்லின் மீதும் உள்ள** பளு அதிகமாயிருப்பதே காரணம்.

அழுத்தத்தைக் குறிக்கும்போது சக்தியின் அளவை மட்டுமன்றி, அது செயல்படும் பரப்பின் அளவையும் நாம் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். ஒரு தொழிலாளிக்கு 100 ரூபிள் சம்பளம் என்று சொன்னால், அதிலிருந்து இது அதிகமா, குறைவா என்று கண்டுகொள்ள முடியாது; ஏனெனில், இச்சம்பளம் மாதத்திற்கா, வருடத்திற்கா என்பது தெரியாது.

அங்ஙனமே ஒரு சக்தியின் செயல், அது ஒரு சதுர செண்டிமீட்டர் மீது பரவியுள்ளதா, ஒரு சதுர மில்லிமீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்கும் பரப்பின் மீது பரவியுள்ளதா என்பதைச் சார்ந்திருக்கிறது. பனிச்சறுக்கு மட்டைகள் நம்மைப் பொலபொலப்பான வெண்பனியின் மீது எளிதில் எடுத்துச் செல்லுகின்றன; அவை இல்லாவிட்டால் நாம் பனியினுள் அழுந்திவிடுவோம். ஏன்? இம்மட்டைகளைப் போட்டுக் கொள்ளும்போது உடல் எடை அதிக பரப்பின் மீது பரவியுள்ளது. மட்டைகளின் பரப்பு, நமது உள்ளங்கால்களின் பரப்பைவிட 20 மடங்கு அதிகமாயிருக்கிறது என்று வைத்துக் கொண்டால், மட்டைகள் அணிந்திருக்கும் போது வெண்பனியின் மீது நாம் செலுத்தும் அழுத்தம், அவை இல்லாமலிருக்கும்போது செலுத்தும் அழுதத்தைவிட இருபதுமடங்கு குறைவாயிருக்கும். ஏற்கெனவே கவனித்தபடி, பனிச்சறுக்கு மட்டைகள் அணிந்து கொண்டால்தான் வெண்பனி நம்மைத் தாங்கும், அவை இல்லாவிட்டால், பனியினுள் நாம் அழுந்த வேண்டியதுதான்.

இதே காரணத்தினால்தான், சதுப்பு நிலங்களில் உபயோகிக்கப்படும் குதிரைகளின் கால்களுக்கு, அதிகமான பரப்பளவு இருக்கும்படியாகத் தனிமுறையில் லாடம் கட்டப்படுகிறது; அப்போது, ஒரு சதுர செட்டிமீட்டர் பரப்பின் மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தம் குறைவாயிருக்கும். ஜனங்கள் சதுப்பு வெளி அல்லது மெல்லிய பனிக்கட்டிப் படலத்தைக் கடக்கையில் தவழ்ந்து செல்வதற்குக் காரணமும் இதுதான்.

டாங்குகள் அல்லது கார்ட்டர்பில்லர் டிராக்டர்களை கனமாயிருந்தாலும்கூட, பொலபொலப்பான தரையில் சிக்கிக் கொண்டுவிடுவதில்லை; ஏனெனில், அவற்றின் எடையும் அதிகமான பரப்பின்மீது பரவியுள்ளது. 8 டன் எடையுள்ள டிராக்டர் ஒரு சதுர

சென்டிமீட்டர் பரப்பின்மீது 600 கிராம் அழுத்ததையே செலுத்துகிறது. 2டன் சுமையிலிருந்தாலும்கூட சதுர சென்டி மீட்டருக்கு 160 கிராம் அழுத்தமே செலுத்தும் டிராக்டர்களும் உள்ளன. இவற்றைக் கொண்டு, சதுப்புகளையும் மணற் பரப்புகளையும் கடப்பது எளிதாயிருக்கிறது. அதிக அளவுத் தாங்கும் பரப்பு இருப்பதனால்தான் இவ்வனுகூலம் கிடைக்கிறது. கூரான ஊசியிலோ இதற்கு எதிரிடையான அனுகூலம் உள்ளது.

இவை அனைத்திலிருந்தும் தெரிவது என்னவென்றால், கூர்முனை பொருள்களைத் துளைப்பதற்குக் காரணம், சக்தி செயல்படும் பரப்பின் அளவு மிகமிகச்சிறிதாக இருப்பதுதான். இதனால்தான், மழுங்கிக்போன கத்தியைவிடக் கூரான கத்தியினால் நன்றாக வெட்ட முடிகிறது: கத்தி விளிம்பின் சிறிய அளவுப் பரப்பின்மீது சக்தி ஒருங்கே குவிந்து செயல்படுகிறது. ஆகவே, சுருங்கச் சொன்னால், கூரிய கருவிகள் நன்றாகத் துளைப்பதற்கும் வெட்டுவதற்கும் காரணம், அவற்றின் முனைகளின்மீதும் விளிம்புகளின்மீதும் மிகுதியான அழுத்தம் ஒருங்கே குவிந்து செயல்படுவதுதான்.

கல்லால் ஆனதாயினும் சுகமான படுக்கை

நாற்காலி, தட்டையான மேற்பாகத்தை உடைய டூல் இரண்டும் மரத்தினால் ஆனவையே; ஆனாலும், டூலில் உட்கார்வதைவிட நாற்காலியில் உட்காருவது ஏன் அதிக சுகமாயிருக்கிறது? கயிறுகள் மெத்தென்று இல்லாவிட்டாலும் அவற்றாலான ஏணையில் படுத்துக் கொள்வது ஏன் இன்பமாயிருக்கிறது?

ஏன் என்பதை இதற்குள் நீங்கள் ஊகித்திருப்பீர்கள். டூலின் மேற்பாகம் தட்டையாயிருக்கிறது; அதில் உட்காரும்போது உங்கள் முழு எடையையும் ஒரு சிறிய பரப்பின் மீது அழுத்துகிறீர்கள். மாறாக நாற்காலிகளில் உட்காரும் இடம் சற்றுக் குழிவாக இருக்கிறது. உடல் அதிகமான பரப்பைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதால் எடை பகிர்ந்து போய்விடுகிறது. ஒவ்வொரு பரப்பு அலகுக்கும் எடை குறைவாயிருக்கிறது; அதாவது, அழுத்தம் குறைவாயிருக்கிறது.

எனவே, அழுத்தம் மேலும் பரவலாய் வினியோகமாகும் படிச் செய்ய வேண்டும் என்பது விளங்குகிறது. மெதுவான படுக்கையில் படுக்கும்போது நமது உடலின் மேடுபள்ளமுள்ள வடிவத்திற்கேற்ப அதில் பள்ளங்கள் உண்டாகின்றன. அழுத்தம் சற்றுச் சமமாகப் பகிரப்பட்டுவிடுகிறது; அதன்

அளவு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு ஒருசில கிராம்தான். எனவே மெத்தை சுகமாயிருப்பதில் ஆச்சரியம் ஒன்றுமில்லை.

பின்வரும் கணக்கு இவ்வித்தியாசத்தை நன்கு விளக்குகிறது. வளர்ந்த ஆளின் உடல்பரப்பு சுமார் 2 சதுர மீட்டர் அல்லது 20,000 சதுர சென்டிமீடர், படுக்கையில் இருக்கும்போது கிட்டதட்ட அதில் கால் பகதி - 0.5 சதுர மீட்டர் அல்லது 5,000 சதுர சென்டிமீட்டர் - அவனைத் தாங்ககிறது. அவன் எடையை 60 கிலோகிராம் அல்லது 60,000 கிராம் எனக் கொண்டால், அழுத்தத்தின் அளவு ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 12 கிராம் என்றாகிறது. படுக்கையில்லாத வெறும் பலகையின் மீது அவனைத் தாங்கும் பரப்பு சுமார் 100 சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 12 கிராமுக்குப் பதிலாக அரை கிலோகிராம் ஆகிறது. இது குறிப்பிட்டதக்க வித்தியாசம் இல்லையா? இதை உடனே உணரவும் செய்கிறோம்.

ஆனால், மிக கெட்டியான படுக்கைகூட, உங்கள் உடலின் எடை மட்டும் அதன் மீது பெரும் பரப்பில் பகிர்ந்திருந்து விட்டால், மிருதுவான மெத்தை போல் சுகமாயிருக்கும். ஈரமான களிமண்ணில் உங்கள் உடலின் வடிவத்தைப் பதிப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். அது உலர்ந்து கெட்டிப்பட்டவுடன் (உலரும் களிமண் ஐந்திலிருந்து பத்து சதவீதம் வரை சுருங்குகிறது; ஆனால், இதைப் புறக்கணித்துவிடுவோம்) அதில்படுத்துக் கொண்டால் மெலிற்குப் படுக்கையில் படுத்துக் கொண்டது போன்ற உணர்ச்சி ஏற்படும். கிட்டத்தட்டக் கல்லினின் மீதே (இறுகிய களிமண் கல் மாதிரிதான் இருக்கும்) படுத்துக் கொண்டிருந்தலும், உங்கள் எடை அதிகப்பரப்பின் மீது பகிர்ந்திருப்பதால் படுக்கை மிருதுவாயிருக்கும். (விண்கலன்கள் கப்பல்கள் பூமியிலிருந்து எழும்பும் போதும், திரும்பித் தரைமட்டத்திற்கு வரும் போதும் விண்வெளி வீரர்கள் எடை 10 முதல் 14 மடங்கு வரை அதிகரிக்கக்கூடும். தங்களுக்கு எந்தவிதத் தீங்கும் நேராதபடி, இந்த அதிக எடையைத் தாங்கும் பொருட்டு, அவர்களுடைய நாற்காலி, அவர்களுடைய உருவங்களை ஒத்தவாறு விசேஷப் பிளாஸ்டிக் பொருட்களினால் செய்யப்படுகிறது.)

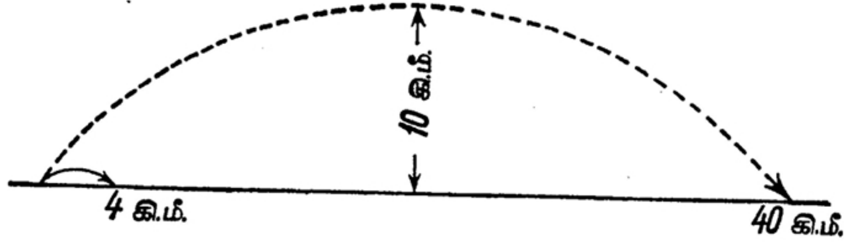


அத்தியாயம் மூன்று: வளிமண்டலத்தின் தடை

துப்பாக்கிக் குண்டும் காற்றும்

குண்டு செல்லும்போது காற்று அதன் போக்கிற்குத் தடைவிளைவிக்கிறது என்பது பள்ளிச்சிறுவன் ஒவ்வொருவனுக்கும் தெரியும். ஆனால் காற்றின் இத்தடைச் செயல் எவ்வளவு பெரியது என்பதை அறிபவர் சிலரே. காற்றைப் போல் அவ்வளவு “இதமான” ஒன்றினால்-இது இருப்பதை நாம் சாதாரணமாக உணர்வதேயில்லை - மிக விரைவுடன் செல்லும் துப்பாக்கிக் குண்டின் வழியில் குறுக்கிட முடியாது என்றே பலரும் நினைப்பர்.

எனினும், படம் 28ஐக் கூர்ந்து நோக்கினால், குண்டின் பாதையில் காற்று ஒரு பெரும் தடையாக இருப்பதைக் கண்டு கொள்ளலாம். காற்று இல்லாவிட்டால் குண்டு செல்லும் பாதையைக் குறிப்பது பெரிய வளைவு, கிடைமட்டத்திற்கு 450 சாய்வாக வைக்கப்பபட்டிருக்கும் துப்பாக்கியிலிருந்து,



படம் 28. காற்றிலும் வெற்றிடத்திலும் துப்பாக்கிக்குண்டு செல்லுதல், வளிமண்டலம் இலலாதிருக்கும்போது செல்லும் பாதையைக் குறிப்பது பெரிய வளைவுக் கோடு. இடதுபக்கத்தில் சிறிதாக இருக்கும் வளைவுக்கோடு உண்மையான பாதையைக் குறிப்பது.

வினாடிக்கு 620 மீட்டர் துவக்க வேகத்துடன் புறப்படும் குண்டு பத்து கிலோமீட்டர் உயரமுள்ள வளைவுப்பாதையில் ஏறத்தாழ 40 கிலோமீட்டர் தூரம் வரை செல்லும். ஆனால், உண்மையிலோ நமது குண்டு 4 கிலோமீட்டர்தான் செல்கிறது; முதல்வளைவுடன் ஒப்பிடும்போது சிறிய வளைவு கண்ணுக்குத் தெரிவதாகக்கூட இல்லை. காற்று இப்படித் தடையாய் அமைகிறது!

பெரிய பெர்த்தா பீரங்கி

முதல் உலகப் போரின் இறுதியில் 1918இல் பிரெஞ்சு விமானப்படையும் பிரிட்டிஷ் விமானப்படையும் ஜெர்மன் விமானத் தாக்குதல்களைத் தடுத்து நிறுத்திய சமயம் ஜெர்மானியர்கள் 100 கிலோமீட்டருக்கு மேற்பட்ட தூரத்திலிருந்து நெடுந்தொலைவுப் பீரங்கித் தாக்குதலை முதன் முதலாக நடத்தத் தொடங்கினர்.

போர் முனையிலிருந்து குறைந்தபட்சம் 110 கிலோமீட்டர் தூரத்தில் இருந்த பிரெஞ்சுத் தலைநகரைத் தாக்குவதற்காக முற்றிலும் புதியதொரு வழியை ஜெர்மானிய பீரங்கிப் படையினர் தற்செயலாய்க் கண்டுபிடித்தனர். அகன்று கோணத்தில் சாய்த்து வைக்கப்பட்டிருந்த பெரும்பீரங்கி ஒன்றிலிருந்து குண்டுகளைச் சுட்டபோது, 10 கிலோமீட்டர் தொலைவுக்குப் பதிலாக, 40 கிலோமீட்டர் தொலைவுவரை அவற்றைச் சுட முடியும் என்பதை எதிர்பாராத வகையில் அவர்கள் கண்டுபிடித்தனர். குண்டை மிகுந்த துவக்க வேகத்துடன் ஓரளவுக்குச் செங்குத்தாக மேல்நோக்கிச் சுட்டால், காற்றின் தடை குறைவாயிருக்கும் வளிமண்டலத்தின் மேல் அடுக்குகளை அது அடைகிறது. அது தன் பாதையின் அதிகத் தொலைவை அங்கே கடந்து, பிறகு பூமியை நோக்கி விழத்தொடங்குகிறது. பீரங்கிக் குழாய் வெவ்வேறு கோணங்களில் இருக்கும் போது குண்டின் பாதையிலுள்ள பெரும் வித்தியாசத்தைப் படம் 29 தெளிவாகக் காண்பிக்கிறது. 115கிலோமீட்டர் தூரத்திலிருந்து பாரி நகர்மீது குண்டு வீசுவதற்கு ஜெர்மானியர் அமைத்த நெடுந்தொலைவுப் பீரங்கியின் அடிப்படைக் கோட்பாடு இதுதான். அத்தகைய பீரங்கி ஒன்று - 'பெரிய பெர்த்தா' எனப்படுவது - கட்டப்பட்டது; பாரி நகரின் மீது 1918 இன் கோடை காலம் முழுவதும் 300க்கும் மேற்பட்ட குண்டுகளை அது வீசியது.

'பெரிய பெர்த்தா' என்னும் பீரங்கி 34 மீட்டர் நீளமும் 3 மீட்டர் தடிமனும் உள்ள மாபெரும் எஃகுக் குழாயினால் செய்யப்பட்டது என்னும் விவரம் பிற்பாடு தெரிந்தது. அதன் பின்பகுதியின் சுவர்களில் தடிமன் 40 செமீ, பிரங்கியின் எடை 750 டன். அதன் குண்டுகளின் எடை 120 கிலோகிராம்;

படம் 29. நெடுந்தொலைவுப் பீரங்கியின் வாய் வெவ்வேறு கோணங்களில் வைக்கப்படும்போது, குண்டு செல்லும் தொலைவின் அளவும் மாறுகிறது. 1. கோணத்தில் குண்டு P–ஐ அடைகிறது; 2. கோணத்தில், அது P^1 - ஐ அடைகிறது; ஆனால் 3 கோணத்தில் காற்றுக் குறைந்த வளிமண்டலத்தினூடே செல்வதால் அது அதிகத் தொலைவு செல்கிறது.

படம் 30. 'பெரிய பெர்த்தா'

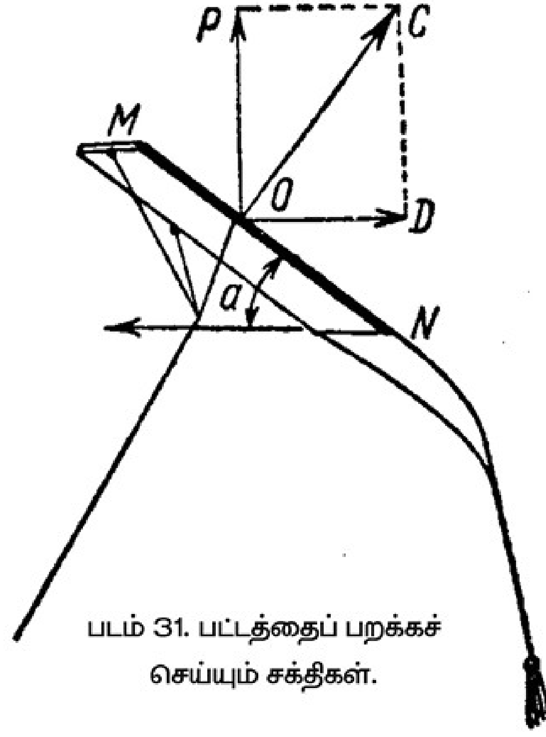
நீளம் 1மீட்டர்; தடிமன் 21 செ.மீ. ஒவ்வொரு குண்டையும் சுடுவதற்கு 10 கிலோகிராம் வெடிமருந்து வேண்டியிருந்தது; பீரங்கினுள் ஏற்பட்ட அழுத்தத்தின் அளவு 5,000 வளிமண்டலங்கள்; குண்டு வெளிப்படும் துவக்க வேகம் வினாடிக்கு 2,000 மீட்டர். ஏற்றக் கோணத்தின் அளவு 52° ஆக இருப்பதால், குண்டின் வளைவுப்பாதை மிகப்பெரிதாயுள்ளது; அது அடையும் அதிகபட்ச உயரம் 40 கிலோமீட்டர். குண்டு 115 கிலோமீட்டர் தொலைவில் இருந்து பாரி நகரை அடைவதற்கு 35 நிமிஷமே ஆயிற்று; டிராட்டோ பியர் எனப்படும் வளிமண்டலத்தின் மேல் அடுக்கில் இரண்டு நிமிஷம் செலவிட்டது.

வரலாற்றில், 'பெரிய பெர்த்தா தான் முதல் நெடுந்தொலைவுப் பீரங்கி; நவீன நெடுந்தொலைவுப் பீரங்கிகளின் முன்னோடி ஆகும் அது.

குண்டின் துவக்க வேகம் அதிகமாய் இருக்க இருக்க, காற்றின் தடையும் அதிகமாகிறது; இந்த அதிகரிப்பு வேகத்துக்கு நேர்விகிதமாய் அல்லாமல், வர்க்கப் பெருக்க, கனப்பெருக்க... இத்தியாதி விகிதங்களில் செயல்படுகிறது.

பட்டம் ஏன் பறக்கிறது?

பட்டத்தை நூலினால் முன்பக்கமாகச் சுண்டி இழுத்தால் அது ஏன் மேலே செல்கிறது என்று தெரியுமா? தெரிந்தால், விமானங்கள் ஏன் பறக்கின்றன என்பதும் மேப்பின் மரவிதைகள் ஏன் காற்றில் மிதக்கின்றன என்பதும் உங்களுக்கு விளங்கும். 'பூமராங்' எனப்படும் வளை தடியின் விசித்திர மான இயக்கத்தின் காரணத்தையும் ஓரளவுக்குப் புரிந்துகொள்ள முடியும். குண்டுக்கு அவ்வளவு பெரிய தடையாயிருக்கும் அதே காற்று இலேசான மேப்பிள் மரவிதையும் கனமான விமானங்களையும் கூடப் பறப்பதற்குத் துணைபுரிகிறது.



படம் 31. பட்டத்தைப் பறக்கச் செய்யும் சக்திகள்.

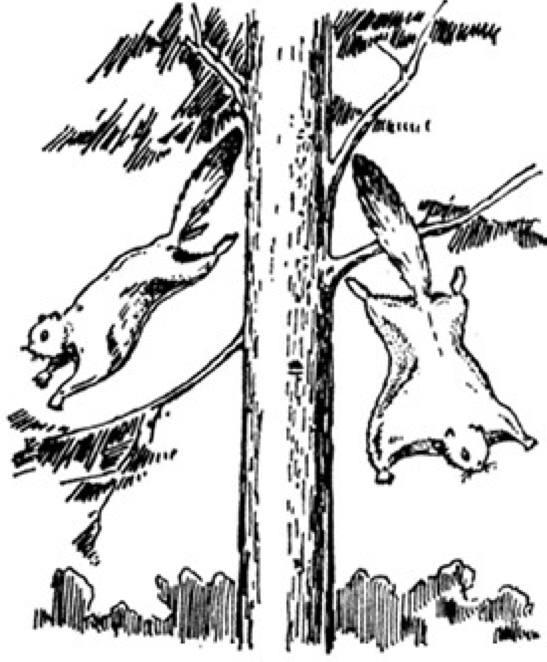
பட்டம் ஏன் பறக்கிறது என்பது தெரியாவிட்டால், படம் **31**ல் இல் காணப்படும் படவிளக்கம் அதைத் தெளிவுபடுத்தும் பட்டத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தை **MN** கோடு குறிப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். பட்டத்தை விட்டு விட்டு நூலைச் சுண்டி இழுக்கும்போது, கனமான வாலின் காரணமாய்த் தரைக்குச் சாய்வாக அது பறக்கிறது. படம் வலப்பக்கத்திலிருந்து இடது புறம் நகர்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். பட்டத்தின் தளம் கிடைமட்டத்திற்கு **a** கோணத்தில் சாய்திருப்பதாகவும் இருக்கட்டும். இப்போது, பட்டத்தின்மீது செயல்படும் சக்திகைளை ஆராய்வோம். காற்று அதன் இயக்கத்தைத் தடைப்படுத்தவே செய்யும்; படம் **31**இல் **OC** காற்றின் அழுத்தத்தைக் குறிக்கிறது. காற்றின் அழுத்தம் பட்டத்தின் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாகவே இயங்குவதால் **OC, MN**னுக்கு நேர்கோணத்தில் உள்ளது. சக்திகளின் இணைகரம் எனப்படுவதை நிருபித்து, **0C** சக்தியை இரு சக்திகளாகப் பகுத்துவிடலாம். அவ்வாறு கிடைக்கும் சக்திகள் **OD**யும் **OP**யும் ஆகும். இவ்விரண்டினுள் **O**னு சக்தி பட்டத்தைப் பின்புறம் தள்ளுவதால் அதன் துவக்க வேகம் குறைகிறது. **OP** சக்தி பட்டத்தை மேலே இழுப்பதாக, அதன் எடை குறைகிறது; இச்சக்தி போதிய அளவுக்கு அதிகமாயிருந்தால், பட்டத்தின் எடையை

மீறி பட்டத்தை மேலே தூக்குகிறது. எனவேதான், பட்டத்தை முன்புறமாக இழுக்கும் போது அது மேலே உயர்கிறது.

விமானங்கூட பட்டத்தைப் போன்றதுதான்; இரண்டிற்கும் வேறுபாடு என்னவெனில், விமானத்தை மேலே கிளம்பச் செய்யும் அதன் முன்புற இயக்கம் நாம் அதைச் சுண்டி இழுப்பதால் ஏற்படுவதன்று; மாறாக புரெப்பெல்லரினாலோ ஜெட் எஞ்சீனாலோ ஏற்படுவதாகும். இது ஒரு பெரும்போக்கான விளக்கம்தான். விமானம் மேலே எழும்புவதற்கு வேறு காரணங்களும் உள்ளன. அவை பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம் நூலின் இண்டாவது புத்தகத்தில் "அலைகளும் சுழற்காற்றுகளும்" என்னும் தலைப்பின் கீழ் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

உயிருள்ள சறுக்குவிமானங்கள்

சாதாரணமாக நாம் நினைப்பதைப்போல் விமானங்கள் பறவைகளை ஒத்த அமைப்புடையவை அல்ல; பறக்கும் அணில்களை அல்லது பறக்கும் மீன்களை ஒத்த அமைப்புடையவை ஆகும். ஆனால் இப்பறக்கும் பிராணிகள் தங்கள் பறக்கும் அமைப்பை மேலே பறப்பதற்கு உபயேகிப்பதில்லை. பெரும் அளவிற்குக் கீழே தாவுவதற்கே - அல்லது விமானி கூறுவதுபோல் கீழே "சறுக்குவதற்கே" பயன்படுத்தப்பகின்றன. அவற்றைப் பொறுத்தவரை **OP** சக்தி (படம் **31** அவற்றின் எடையை மீறும்படி அவ்வளவு அதிகமானதாய்



படம் 32. பறக்கும் அணில்கள் 20-30 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து குதிக்கின்றன

இல்லை; அவற்றின் எடையைக் குறைத்து உயரமான இடத்திலிருந்து கீழே குதிப்பதற்குத் துணிபுரிவதாகவே இருக்கிறது (படம் 32) பறக்கும் அணிலினால் மரத்தின் உச்சியிலிருந்து கீழே உள்ள மற்றொரு மரத்தின் கிளைகளுக்கு 2030 மீட்டர் வரை தாவ முடியும். கிழக்கிந்தியத் தீவுகளிலும் இலங்கையிலும் பறக்கும் அணில் இனத்தைச் சேர்ந்த பெரிய பிராணி ஒன்று உள்ளது. இது 'கஜூவான்' அல்லது ஒருவகைப் பறக்கும் 'லெமூர்' எனப்படுவதாகும். பருமனின் அது வீடுகளிலுள்ள பூனை போன்றது; அதன் இறக்கை விரிப்பின் அகலம் கிட்டத்தட்ட அறை மீட்டர். எடை அதிகமாயிருந்தாலும் அதனால் 50 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து குதிக்க முடிகிறது. சுண்டாத் தீவுகளிலும் பிலிப்பைன் தீவுகளிலும் வகிக்கும் 'பலாஞ்சர்கல்' எனப்படும், குட்டிகளைப் பைகளில் சுமக்கும் பிராணிகளால் 70 மீட்டர் உயரத்திலிருந்துகூடக் குதிக்கின்றன.

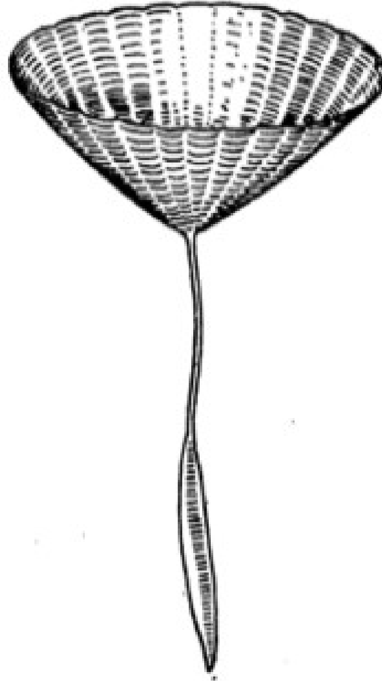
பறந்து மிதக்கும் விதைகள்

பல செடிகளில் இனப்பெருக்கத்திற்காக விதைகள் பரவுவதற்கு ஒரு வகை "சறுக்கும் அமைப்பு இருக்கிறது. டாண்டீலியன், பருத்தி, "ஆட்டுத் தாடி' போன்ற செடிகளின் விதைகளில் பாராச்சூட் மாதிரி இயங்கும் கடை போன்ற குஞ்சமோ மெல்லிய மயிர்களாலான இணைப்புகளோ

இருக்கின்றன; கோனிபர், வெள்ளை பெர்ச், எல்ம் லிண்டன், மேப்பின் போன்ற மரங்களின் விதைகளில் “இறக்கைகள்” உள்ளன.

கெர்னர் வான் மாலிலாவம் என்பவர் எழுதிய தாவரா வாழ்க்கை என்னும் பிரபலமான நூல் பின்வருமாறு கூறுகிறது:

“காற்று அடிக்காத வெய்யில் நாட்களில் பல விதைகளும் கனிகளும் செங்குத்தான காற்றோட்டங்களினால் உயர எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. எனினும், இருட்டியபின் அவை பெரும்பாலும் சிறிது தொலைவில் கீழே இறங்கி வந்துவிடுகின்றன. விதைகள் பறப்பதன் முக்கியக் காரணம் அதிகப்பரப்பில் பரவுதல்

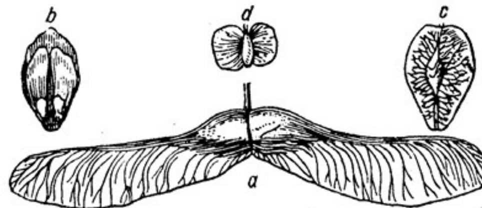


படம் 33. “ஆட்டுடத் தாடி” செடியின் கனி

அல்ல. வேறு எவ்வகையிலும் செல்ல முடியாத செங்குத்தான பாறைகளிலும் உயரமான பிற இடங்களிலும் உள்ள இடுக்குகளைச் சென்றடைவதுதான். கிடைமட்டமாக அடிக்கும் காற்றின் ஓட்டங்களினால் அவை அதிகத் தொலைவிற்கு எடுத்துச் செல்லப்படலாம்.

“சில செடிகளின் விதைகளில், அவற்றின் இறக்கைகளோ குடைக் குஞ்சமோ பறக்கும்போது மட்டுமே இருக்கும். நெருஞ்சி விதைகள்

ஏதாவது ஒருதடை எதிர்ப்படும் வரை மெல்லப்பறந்து கொண்டிருக்கின்றன; தடை ஏற்பட்டவுடன் அவற்றின் குடைக் குஞ்சம் கழன்று போய், அவை தரைமீது விழுந்துவிடுகின்றன.



படம் 34. இறக்கைகளுள்ள விதைகள்: a மேப்பிள்
(bபைன்-மரம், (c) elm (d) birch

சுவர்களுக்கும் வேலிகளுக்கும் அருகில் நெருஞ்சிச் செடிகள் அடிக்கடி காணப்படுவதற்கு இதுவே காரணம். ஆனால் வேறு சில விதைகளில் குடையமைப்பு நிரந்தரமாக அவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டதாய் இருக்கிறது".

படங்கள் **33**இலும் **34**இலும் "சூறுக்கும் அமைப்பு" உடைய சில வைிதகளும் கனிகளும் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. உண்மையில் இந்தச் செடிச் "சறுக்கு விமானங்கள்" மனிதனால் கட்டப்பட்டவைகளைவிடப் பல அம்சங்களில் சிறந்து விளங்குகின்றன. தங்கள் எடையைவிட அதிகமான பளுவை அவற்றால் தூக்கவும், அதைச் சுயமாகவே சமநிலையில் இருந்திக்கொள்ளவும் முடியும். இவ்வாறு, இந்திய மல்லிகையின் விதை தற்செயலாக குப்புறத் திரும்பிவிட்டால், குவிந்த பக்கம் மேல்நோக்கியுள்ள ஆரம்ப நிலைக்கு அதுதானாகவே வந்துவிடுகிறது. பறக்கையில் ஏதாவது ஒருதடைமீது மோதிக் கொண்டால், அது கவிழ்ந்து கீழே விழுவதில்லை, மாறாக மிதந்து கொண்டே கீழே வருகிறது.

தாமதித்து விரியும் பாராச்சூட் குதிப்பு

பாரசூட்டுக்காரர்கள் சில சமயம் துணிச்சலாகக் கிழே குதிப்பதை இது நினைவூட்டுகிறது. அவர்கள் சுமார் பத்து கிலோமீட்டர் உயரத்தில் விமானத்திலிருந்து வெளியே குதித்துப் பாராச்சூட்டை விரிக்காமலேயே கல் ஒன்று விழுவதைப் போல் - அதிகத் தூரம் விழுகின்றனர்; பின்னர் தான், பாராச்சூட்டை விரியச் செய்யும் கயிற்றை இழுக்கின்றனர். (**1963**ம் ஆண்டில் சோவியத் பாராச்சூட்டுக்காரர்கள் **25** கிலோமீட்டர் உயரத்திலிருந்த குதித்தனர். ப-ர்.) இவ்வாறு தாமதித்துக் குதிப்பிதல்

பாராச்சூட்டுக்கார் வெற்றிடத்தில் விழுவதைப் போல் விழுகிறார் என்றே பலரும் நினைக்கின்றனர். உண்மையில் அவ்வாறு இருந்தால், தாமதித்துக் குதித்தல் என்பது அதிவிரைவில் நிகழ்வதாயும், தரைக்கருகே வரும்போதுள்ள வேகத்தின் அளவு பிரம்மாண்டமான தாயும் இருக்கும்.

எனினும் காற்றின் தடையானது முடுக்கம் ஏற்படாதபடித் தடுக்கிறது. தாமதித்துக் குதிக்கும்போது கீழிறங்கும் பாராச்சூட்டுக்காரரின் வேகம் முதல்பத்து வினாடிகளில்தான். முதலிலுள்ள சில நூறு மீட்டர்வரைதான். அதிகரிக்கிறது. அதற்குள்ளாக, காற்றுத் தடையின் அளவு அகிதமாகி மேற்கொண்டு முடுக்கம் இல்லாமல் ஒரே சீராய் விழும் படியான நிலைக்கு இறுதியாக வந்துவிடுகிறது.

எந்திரவியலின்படி தாமதித்துக் குதிப்பதை ஏறத்தாழ இவ்வாறு விவரிக்கலாம். முடுக்கம், பாராட்சூட்டுக்காரரின் எடையைப் பொறுத்து, முதல் 12 வினாடிகள் வரையிலுமோ அதற்கும் குறைவாகவோ தொடர்ந்து உண்டாகிறது. இந்நேரத்தில் அந்த ஆள் 400-450 மீட்டர் கீழே வருகிறார்; அவரது வேகத்தின் அளவும் வினாடிக்குச் சுமார் 50 மீட்டர் உயருகிறது. அதற்குப் பிறகு, பாரசூட் கயிற்றை இழக்கும் வரை, சீராக ஒரே வேகத்துடன் அவர் கீழே இறங்குகிறார். மழைத்துளிகளும் அவ்வாறுதான் விழுகின்றன. ஒரே ஒரு வித்தியாசம் என்னவெனில், மழைத்துளியைப் பொறுத்தவரை, முடுக்கம் ஏற்படும் ஆரம்ப நேரம் ஒரு வினாடிக்கு மேல் இருப்பதில்லை. எனவே, தரைக்கருகே வரும்போது அதற்குள்ள வேகம் தாமதித்துப் பாராச்சூட்டில் குதிப்பதில் உள்ளதைப் போல் அவ்வளவு அதிகமில்லை; மழைத்துளியின் நிறைக்கேற்ப அதன் அளவு வினாடிக்கு 2லிருந்து 7 மீட்டர் வரை இருக்கிறது.

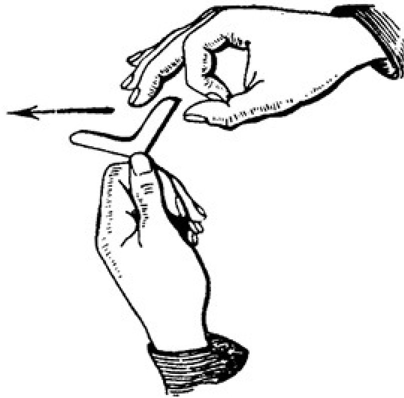
வளைதடி (பூமரங்)

தாக்கித் திரும்பும் வளைதடி ஆதிமனிதன் கண்டுபிடித்தவற்றுள் மிகச் சிறந்த நுட்பியில் அமைப்புடைய ஆயுதமாகும். நெடுங்காலம் வரை இது விஞ்ஞானிகளை வியக்கச் செய்து வந்தது. ஆம் வளைதடி செல்லும் விசித்திரமான, சிக்கலான பாதை (படம் 35) யாரையும் பிரமிக்கச் செய்து விடும். ஆனால் இன்று அது ஒரு விந்தையன்று; அதன் இயக்கத்தை விளக்கும் விரிவான தத்துவம் இன்று நம்மிடம் இருக்கிறது. இத்துத்துவம் மிகவும் சிக்கலானதாகையால் இங்கே இதனை விரிவாக விளக்குவதற்வதற்கில்லை.

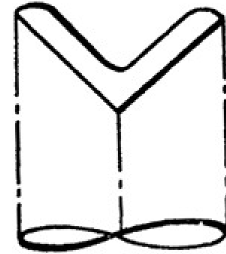


படம் 35. வளைதடியை எறியும் அஸ்திரேலிய ஆதிவாசி. இலக்கை அடையாவிட்டால், வளைதடி எவ்வாறு சென்று திரும்புகிறது என்பதைப் புள்ளிக்கோடு குறிக்கிறது.

வளைதடியின் இயக்கமானது, துவக்க எறிதல், வளைதடியின் சுழற்சி, காற்றின் தடை என்னும் மூன்றின் கூட்டு விளைவாகும் என்பதை மட்டும் குறிப்பிடுகிறேன். தாம் விரும்பும் பலனைப் பெற, வளைதடியின் சாய்வையும் திசையையும் திறமையாக மாற்றி, இம்மூன்றையும் எப்படி இணைப்பது என்பதை ஆதிரேலிய ஆதிவாசிகள் இயல்பாகவே அறிந்திருக்கிறார்கள். வளைதடி வீசுவதில் நீங்களும் திறமை பெறலாம். வீட்டிற்குள் பயனப்படுத்துவதற்கு, படம் 36ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள வடிவத்தில் ஓர்



படம் 36. அட்டை வளையெறியும் அது "வீசப்படும்" முறையும்.



படம் 37. மற்றோர் அட்டை வளையெறி (மெய் அளவில்).

அட்டையிலிருந்து அதை வெட்டித் தயார் செய்யவும், ஒவ்வொரு கையின் நீளம் 5 சென்டிமீட்டரும், அகலம் ஒரு சென்டிமீட்டருக்குச் சற்றுக் குைறவாகவும் இருக்கும்படி வெட்டிக் கொள்ளவும், கட்டை விரலின் நகத்தினடியில் அதை அழுத்தி வைத்துக்கொண்டு, முன்புற மாகவும் சிறிது மேல்நோக்கியும் அதைச் சுண்டிவிடலாம். பாதையில் எதனுடனும் மோதிக்கொள்ளாவிட்டால், அது சுமார் 5 மீட்ர் பறந்து வளையமிட்டு, உங்கள் காலடிக்கே மீண்டும் வந்துவிடும். படம் 37ல் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளதைப் பார்த்து (அடியில் காட்டப்பட்டுள்ள) புரொப்பெல்லரைப் போல் தோற்றமளிக்கும்வகையில் திருகி மேலும் சிறந்ததான ஒரு வளைதடியை நீங்கள் தயாரிக்கலாம்.சிறிது அனுவம் கிடைத்த பிறகு, அது சிக்கலான வளைவுகளிலும் வளையங்களிலும் சென்ற, திரும்பவும் உங்களிடமே வரும்படி செய்யலாம்.

முடிவாக சாதாரணமாக எண்ணப்படுவது போல் வளைதடி ஆஸ்திரேலியாவிற்கே உரியதான ஆயுதமன்று என்தைக் குறிப்பிட விரும்புகிறேன். இந்தியாவில் அது பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு காலத்தில் அஸிரிய வீரர்களினாலும் அது உபயோகிக்கப்பட்டது என்று சுவர்ச் சித்திரங்களிலிருந்து



படம் 38. வளைதடி வீசும்
பண்டைய எகிப்திய வீரன்.

தெரிகிறது. பண்டைய எகிப்து, நூபியா ஆகிய நாடுகளிலும் அது தெரிந்திருந்தது. ஆஸ்திரேலிய வளைதடியின் தனிச்சிறப்பு என்னவென்றால், நாம் மேலே குறிபிட்ட புரொப்பெல்லரைப் போன்ற திருகல் அமைப்புத்தான். இதன்விளைவாக, அது இலக்கை அடையத் தவறிவிட்டால் வளைவுகளிலும் வளையங்களிலுமாகச் சென்று எறிந்தவனிடமே மீண்டும் வந்து சேர்ந்துவிடுகிறது.



அத்தியாயம் நான்கு: சுழற்சி “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரங்கள்

‘வெந்த முட்டையா, பச்சை முட்டையா என்று அறிவது எப்படி?

முட்டையின் ஓட்டை உடைக்காமல், அது வேக வைக்கப்பட்டதா, பச்சையானதாக என்று எப்படிக் கண்டுபிடிக்கலாம்?

இதற்கு இயற்பியல் விடையளிக்கிறது. வேகவைக்கப்பட்ட முட்டையும் பச்சையான முட்டையும் வெவ்வேறு வகையில் சுழலுகின்றன என்பதுதான் இதன் அடிப்படை முட்டையைத் தட்டையான ஒருதட்டின்மீது வைத்து சுழற்றிவிடவும் (படம் 39). நன்றாய் வெந்தமுட்டையானால் அது பச்சை முட்டையைவிட **மிக விரைவாகவும் அதிக நேரத்திற்கும்** சுழலும்; உண்மையில் பச்சை முட்டையைச் சுற்ற வைப்பதே கடினமாயிருக்கும். நன்றாய் வெந்த முட்டை மிக மிக விரைவாகச் சுழலுகிறது; அது சுழலும்போது, வெண்மையானதும், தட்டையானதுமான நீள்வட்டப் பொருள் போல் தோன்றுகிறது. போதிய அளவிற்கு விரைவாகச் சுழற்றிவிட்டால், அது எழும்பி அதன் குறுகிய முனையின் மீதுநிற்கக்கூட நிற்கலாம்.

இதற்கு என்ன காரணம் என்றால், நன்றாய் வெந்தமுட்டை ஒரே முழுப்பொருளாகச் சுழலுகிறது; பச்சை முட்டை அங்ஙனம் செய்வதில்லை. பச்சை முட்டையின் திரவ உள்ளடக்கம் சுழற்சி இயக்கத்தை உடனே அடைவதில்லை; எனவே, கெட்டியான ஓட்டின் சுழற்சியைச் சடத்துவ (நிலைமை) சக்தியினால் குறைத்து, அது நடை போடுகிறது. மேலும், வெந்த முட்டையும் பச்சை முட்டையும் சுழற்சியை நிறுதிக் கொள்வதும் வெவ்வேறாயிருக்கிறது. சுழலும் வெந்த முட்டையை விரலினால் தொட்டால், அது உடனேயே நின்றுவிடுகிறது. ஆனால் பச்சை முட்டையாயிருந்தால் விரலை எடுத்த பிறகும் சிறிது நேரம் சுழலும். இதற்கும் சடத்துவ சக்திதான் காரணம். பச்சை முட்டையின் திரவ உள்ளடக்கம் கெட்டியான ஓடு சுழலாது நின்ற பிறகும் தொடர்ந்து இயங்குகிறது. வெந்த முட்டையின் கெட்டியான ஓடு சுழலானது நிலைத்து நிற்கும் போது அதன் உட்பொருளும் அதே போல நின்றுவிடுகிறது.



படம் 39. முட்டையை
இப்படிச் சுழற்றிவிடவு-ம்.

அதே மாதிரியான இன்னொரு பரிசோதனை, வெந்த முட்டை, பச்சை முட்டை இரண்டுக்கும் அவற்றின் "உச்சிக்கோடு" வழியாக ரப்பர் பட்டைகளைப் பொருத்தி ஒரே மாதிரியான இரண்டு நூல்களினால் தொங்கவிடவும் (படம் 40) இரண்டு நூல்களையும் ஒரே அளவுக்கு முறுக்கியபின் விட்டுவிடவும்,. இரண்டு முட்டைகளுக்குமுள்ள வித்தியாசத்தை உடனே கண்டு கொள்ளலாம். சடத்துவம் காரணமாக, வெந்த முட்டை நூலின் முறுக்கு நீங்கிய பிறகும் தொடர்ந்து சுற்றி நூலில் எதிர்முறுக்கு ஏறச் செய்துவிடும். பிறகு, திரும்பவும் முறுக்கு அவிழ்ந்து பிற்பாடும் பல தடவை முட்டை சுற்றும். இது சிறிதுநேரம் நீடிக்கும்; ஒவ்வொரு தடவையும் முறுக்குகளின் எண்ணிக்கை படிப்படியாகக் குறைந்து கடைசியில் வெந்த முட்டை சுற்றாமல் நிற்கும். ஆனால், பெரும்பாலும் பச்சை முட்டையின் நூல் துவக்க நிலையை அடைந்தபின் எதிர்த் திசையில் முறுக்கிக் கொள்வதில்லை. அப்படியே முறுக்கிக்கொண்டாலும் ஒன்றிரண்டு சுற்றுகளுக்கு மேல் முறுக்கிக் கொள்வதில்லை. ஆகவே, வெந்த முட்டையின் சுழற்சி நிற்பதற்கு



படம் 40. வெந்த முட்டை எது, பச்சை முட்டை எது என்று கண்டுபிடிப்பது.

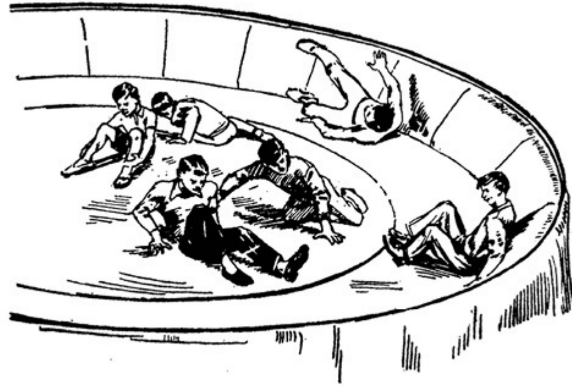
சிறிது நேரத்திற்கு முன்பாகவே பச்சை முட்டை நின்றுவிடுகிறது. ஏற்கனவே கூறியதுபோல், அதன் திரவ உள்ளடக்கம் அது சுழலுவதைத் தடுப்பதுதான் இதற்குக் காரணம் ஆகும்.

சுழலும் வட்டில்

குடை ஒன்றைப் பிரித்து அதன் மேல் பகுதி தரைமீது இருக்குமாறு தலைகீழாய் வைத்து அதன் பிடியைச் சுழற்றவும். எளிதில் அதை விரைவாகச் சுழலச் செய்ய முடியும். இப்போது குடையினுள் சிறு பந்தையோ, கசக்கி உருட்டிய காகிதத்தையோ எறியவும். அது அங்கேயே

தங்கியிராது; வெளியே எறியப்பட்டுவிடும். இதற்குக் காரணம் ‘மையவிலக்கு விசை’ எனத் தவாறகக் கருதப்படுகிறது; உண்மையில், ஒருவகை சடத்துவ சக்திதான் காரணம். பந்தோ, காகித உருண்டையோ ஆரத்தின் திசையில் அல்லது, வட்ட இயக்கப் பாதையின் தொடுகோட்டுத் திசையில் எறியப்படுகிறது.

பொதுப் பூங்காக்களில், சுழற்றியின் இக்கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்ட ஒரு வேடிக்கையான ஏற்பாட்டைப் பார்க்கலாம் (படம் 41) இதில் சடத்துவ விதியை உங்கள் மீதே பரீட்சித்து பார்க்கலாம். வட்டமான தரையுள்ள ஒருவகைச் சுழலும் வட்டிலான “இதன் வட்டத் தரையின் மீது ஆட்கள் நிற்கலாம். அல்லது உட்கார்ந்து கொள்ளலாம். அல்லது படுத்து ககொள்ளலாம். மறைவிலுள்ள மின்சார மோட்டார் ஒன்று இதன் தரையைச் சுழலச் செய்து, இதன் வேகத்தைப் படிப்படியாக அதிகப்படுத்துவகிறது.ஒவ்வொருவரும வட்டிலின் வளிம்புப் பக்கமாக வழுக்கிச் செல்ல



படம் 41. சுலலும் வட்டில்.

வேண்டியதாகிறது. முதுலில் இது அவ்வளவாகத் தெரிவதில்லை. ஆனால் ஆட்கள் மையத்திலிருந்து செல்லச் செல்ல, வேகமும், சடத்துவமும் அதிகமாய்ச் செயல்படத் தொடங்கும். இருந்தபடியே இருப்பதற்கு எவ்வளவுதான் முயன்றாலும் முடிவதில்லை; இறுதியில் நீங்கள் அதனிலிருந்து வெளியே தள்ளப்பட்டு விடுவீர்கள்.

உண்மையில் பூமியே ஒரு மாபெரும் சுழலும் வட்டில் ஆகும். நம்மைத் தூக்கி எறிந்துவிடாவிட்டாலும், நமது எடையை அது குறைக்கிறது. சுழற்சியின் வேகம் அதிகபட்சமாயிருக்க மத்தியரேகையில்,

ஒருவர் தமது எடையில் முந்நூறில் ஒரு பங்கை இழந்துவிடுகிறார். இதுவும் பூமியின் இறுக்கம் எனப்படுவதுமாகச் சேர்ந்து மத்தியரேகையில் சுமார் 0.5 சதவீதம் அல்லது இருநூறில் ஒரு பங்கு எடையைக் குறைத்துவிடுகின்றன. எனவே, முழு ஆளின் எடை, துருவங்களில் இருப்பதைவிட மத்தியரேகையில் 300கிராம் குறைவாக இருக்கும்.

மைச் சுழல்கள்

படம் 42இல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதைப் போல், ஒரு முனை கூராகவுள்ள தீக்குச்சியையும் வெள்ளை அட்டையையும் கொண்டு ஒரு சிறு பம்பரம் செய்யவும். இதைச் சுழற்றுவதற்குத் தனித்திறமை எதுவும் வேண்டியதில்லை. ஆனால், குழந்தை விளையாட்டுக் கருவியாக அது இருந்தாலும், அதிலிருந்து சிலவிவரங்களை நாம் தெரிந்து கொள்ளலாம். பின்வருமாறு செய்யவும். அதன் மீது மைத் துளிகள் சிலவற்றைத் தெளித்து, மை உலருவதற்குமுன் அதைச் சுழற்றிவிடவும். அது நிற்கும்போது மைத் துளிகளுக்கு என்ன நேர்ந்திருக்கிறது என்பதை பாருங்கள். திருகுச் சுருள்களை, சிறு அளவிலான சூறாவளி போன்ற கோடுகளை அவை வரைந்திருப்பதைக் காணலாம்.

இவ்வொற்றுமை தற்செயலானதன்று. பம்பரத்தின் மீது இருக்கும் திருகுச் சுருள்கள் மைத் துளிகளின் இயக்கங்களைக் காண்பிக்கின்றன. சுழலும்



படம் 42. சுலலும் அட்டைப் பம்பரத்தின் மீது மைத்துளிகள் வரையும் கோடுகள்.

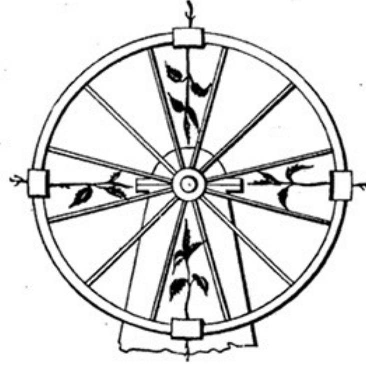
வட்டில்மீது உங்களுக்கு என்ன நேர்ந்ததோ, அதுவே இம்மைத் துளிகளுக்கும் நேருகிறது. மைத் துளி, மையவிலக்கு விசை விட்டோடும் சக்திகள் காரணமாக, மையத்திலிருந்து வெளிப்புறமாகச் செல்லுகையில்

அதன் வேகத்தைவிட அதிகச் சுழற்சி வேகமுள்ள ஓர் இடத்தை அடைகிறது. இங்கு மைத் துளியைவிட அதிக விரைவுடன் தட்டு சுழலுகிறது; மைத்துளியும் “ஆரங்களுக்குப்” பின்னால் தயங்கிச் செல்வதைப்போல் நழுவுகிறது. எனவேதான் மைத் துளிகள் வளைந்து செல்கின்றன. எனவேதான் வளைவு இயக்கத்தின் தடங்களைக் காண்கிறோம்.

மிகுந்த வளிமண்டல அழுத்தத்தின் மையத்திலிருந்து (எதிர்ச் சூறாவளிகள்) விரிந்து செல்லும் காற்றோட்டங்களிலும் சரி, அல்லது குறைந்த வணிமண்டல அழுத்தத்தின் மையத்தை (சூறாவளிகள்) நோக்கிக் குவிந்து வரும் காற்றோட்டங்களிலுசரி, இதுவே நிகழ்கிறது. கடுஞ் சுழற்காற்றுகளிலும் சரி, சின்னஞ்சிறு அளவு மாதிரிகளே இந்த மைச்சுழல்கள்.

ஏமாந்து போன செடி

விரைவான சுழற்சியினால் உண்டாகும் மையம் விட்டோடும் சக்தியானது, புவிஈர்ப்பு சக்தியைக்கூட வென்றுவிடலாம். இவ்விவரம் பிரிட்டிஷ் தாவரவியல் அறிஞரான நைட் என்பவரால் நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் நிரூபிக்கப்பட்டது. இளங்செடியின் தண்டு புவிஈர்ப்புக்கு எதிராகவே எப்போதும் உயருகிறது. அதாவது மேல் நோக்கியே வளர்கிறது என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்ததே. எனினும், வேகமாய் சுழலும் சக்கரத்தின் வெளி விளிம்பிலிருந்து விதைகள் உள்நோக்கி முளைவிடும் படி செய்தார், நைட். வேர்களோ வெளிப்புறமாக வளர்ந்தன (படம் 43). ஈர்ப்புச் சக்திக்குப்பதிலாக மையவிலக்கு விசை சக்தியைப் பயன்படுத்தி, செடியை அவர் ஏமாற்றிவிட்டார். பூமியின் இயற்கையான ஈர்ப்பைவிடச் செயற்கை ஈர்ப்பு அதிகப் பலமுள்ளதாயிருந்தது புவி ஈர்ப்பு குறித்த நவீனக் கோட்பாட்டின்படி இவ்விளக்கத்திற்கு ஆட்சேபம் எதுவும் இல்லை.



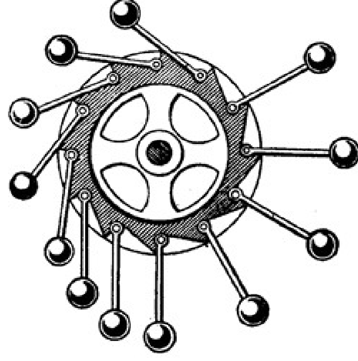
படம் 43. சுழலும் சக்கரத்தின் விளிம்பின் மீதுள்ள விதைகள் முளைவிடும்போது தண்டு இருசை நோக்கியும், வேர்கள் வெளிப்புறமாகவும் செல்கின்றன.

"நிரந்தர இயக்க" இயந்திரங்கள்

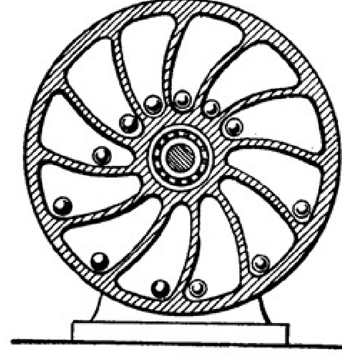
"நிரந்தர இயக்கம்" என்பதைப் பற்றி அடிக்கடி பேசப்படுகிறது. ஆனால் உண்மையில் அது எதைக் குறிக்கிறது என்பது எல்லோருக்கும் தெரியும் என்று நான் நினைக்கவில்லை. "நிரந்தர இயந்திரம் என்பது, முடிவில்லாது இயங்கிக் கொண்டேயிருப்பதும், இடையில் பளு தூக்குவது போன்ற ஏதாவது ஒரு வேலையைச் செய்யக்கூடியதுமான ஒரு கற்பனை இயந்திர அமைப்பு ஆகும். பழங்காலத்தில் அத்தகைய ஒன்றை அமைப்பதற்கான முயற்சிகள் செய்யப்பட்டு வந்தது. ஆனால் அது இன்னமும் அமைக்கப் பெறவில்லை. முயற்சிகள் யாவும் பயனற்றுப் போனதால், "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம் சாத்தியமற்றது என்னும் கருத்து உறுதியாயிற்று. இதிலிருந்து ஆற்றலின் அழிவின்மை என்னும் கருத்து-நவீன விஞ்ஞானத்திற்கு அடிப்படையாயிருப்பதுதோன்றியது. "நிரந்தர இயக்கம்" என்றால், வேலை எதுவும் செய்யப்படாமலேயே முடிவில்லாத இயக்கம் நடைபெறுதலாகும்.

படம் 44ல் "நிரந்தர இயக்கத்தைப்" பெறுவதற்கான மிக பழைய திட்டங்களுள் ஒன்றதை காணலாம்; சில பைத்தியங்கள் இன்றுகூட அதை மறுபடியும் செய்ய முயலுகின்றன. சக்கரத்தின் விளிம்பில், நுனிகளில் பளுவுள்ள கழிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. சக்கரத்தின் எந்த நிலையிலும் வலது பக்கத்தில் இருக்கும் பளுக்கள் இடது பக்கத்தில் உள்ளவற்றைவிட மையத்திலிருந்து அதிக தூரத்தில் இருக்கின்றன. எனவே, வலது பக்கத்தில் இருக்கும் பளுக்களின் எடை இடது பக்கத்தில் உள்ளவற்றின் எடையைவிட எப்போதும் அதிகமாயிருக்க வேண்டும்; ஆனால், அது சக்கரத்தைச் சுற்றும்படி செய்யவேண்டும். ஆகவே,

சக்கரம் முடிவில்லாது - அல்லது, அதன் இருசு தேயும் வரையிலாவது - சுழன்று கொண்டேயிருக்க வேண்டும். அப்படித்தான் அதைக் கண்டுபிடித்தவன் நினைத்தான். அத்தகைய இயந்திரதைச் செய்ய முயலாதீர்கள். அது ஒருபோதும் சுழலாது. ஏன்?



படம் 44. "எப்பொழுதும்" இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் இடைக்காலத்திய சக்கரம்



படம் 45. குண்டுகள் உருண்டு கொண்டிருக்கும் "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம்

வலது பக்கத்துப் பளுக்கள் மையத்திலிருந்து எப்போதும் அதிக தூரத்தில் இருந்தாலுங்கூட, இடது பக்கத்தை விட வலது பக்கத்தில் பளுக்களின் எண்ணிக்கை குறைவாயிருக்கும் நிலை ஒன்று வந்தே தீரும். படம் 44 மீண்டும் கவனியுங்கள். வலது பக்கத்தில் நான்கு பளுக்களும், இடது பக்கத்தில் எட்டு பளுக்களும் இருப்பதைப் பார்க்கலாம். இவ்வாறு, முழு அமைப்பும் சமநிலைப்படுத்தப்பட்டேயுள்ளது. எனவே, சக்கரம் ஒருபோதும் சுழலாது. சிறிதளவு அசைத்தாடிவிட்டு நிலைக்கு வந்துவிடும். (உந்துவிசைகளின் தேற்றம் இதற்கு விளக்கம் கூறுகிறது)

ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யவல்ல "நிந்தர இயக்க" இயந்திரம் என்பது முற்றிலும் இயலாத ஒன்று என்பது ஐயத்திற்கிடமின்றி மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இதைச் செய்ய முயலுவது பயனற்ற வேலை. பண்டைக் காலத்தில் முக்கியமான இடைக்காலத்தில் - ரசவாதிகள் (தொட்டதை எல்லா மதங்கமாக மாற்றவல்ல) "பிலாஸபர் டோன்" அல்லது "பொற்குளிகை" என்பதைவிட இது முக்கியமானதெனக் கருத இப்பிரசினைக்குத் தீர்வு காண்பதற்குத் தங்கள் மூளையைக் குழப்பிக் கொண்டனர். 19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த பிரபல ருஷ்யக் கவிஞர் பூஷ்கின், பெர்த்தேல்ட் எனப்படும் அத்தகைய கனவுலகவாசியைப் பற்றி

தர்மவீர நிகழ்வுகள் என்னும் தமது நூலில் குறிப்பிடுகிறார்: 1 “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரம் - பதிப்பாசிரியர்.

“Perpetuum mobile” [1] என்றால் என்ன?’ என்று வினவினான் மார்டின்.

“Perpetuum mobile என்பது நிரந்தர இயக்கம் ஆகும். நிரந்தர இயக்கத்தைக் கண்டுபிடித்துவிட்டால், மனிதனின் படைப்பு ஆற்றலுக்கு எல்லையே கிடையாது. ஏனெனில், தங்கம் செய்தல் எவ்வளவுதான் உள்ளங்கவர்வதாய், விசித்திரமாகவும் லாபகரமாகவும் இருந்தாலுங்கூட, நிரந்தர இயக்க இயந்திரத்தைக் கண்டுபிடித்துவிட்டால் எவ்வளவு பிரமாதமாயிருக்கும்!’ என்று பதில் கூறினான் பெர்தோல்ட்”.

நூற்றுக்கணக்கான “நிரந்தர இயக்க ” இயந்திரங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. ஆனால், அவற்றில் ஒன்றுகூட இயங்கவில்லை. அதை கண்டுபிடித்த ஒவ்வொருவரும் அவ்வற்புத இயந்திரத் இயங்கவிடாமல் செய்யக்கூடிய ஏதாவதொன்றை மறந்துவிட்டிருந்தார்.

மற்றொரு “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரத்தை - வெளி விளிம்பிற்கும் சக்கரத்தின் குடத்திற்கும் இடையிலுள்ள அறைகளில் உருளும் கனமான குண்டுகளை உடைய சக்கரம் ஒன்றைப் படம் 45இல் காணலாம். வெளி விளிம்பிற்கு அதிக அளவு அருகிலுள்ள குண்டுகள் தங்கள் எடையினால் சக்கரத்தைச் சுழலச் செய்யும் என்பதாய் நினைத்து இது தயாரிக்கப்பட்டது.

ஆனால், எந்தக் காரணத்தினால் படம் 44இல் உள்ள சக்கரம் இயங்குவதில்லையோ, அதே காரணத்தினால் இந்த ஏற்பாடும் வேலை செய்வதில்லை. இருந்தும் இத்தகைய பிரம்மாண்டமான ஒரு சக்கரம் (படம் 46) ஒருசிற்றுண்டி விடுதியின் விளம்பரத்திற்காக லா ஏஞ்ஜல் நகரில் அமைக்கப்பட்டது. உண்மையில், அது ஒரு போலியேயாகும், கனமான குண்டுகள் அதன் அறைகளில் உருளுவதாலேயே அது சுழலுவதாக மக்கள்



படம் 46. லாஸ் ஏஞ்சல்ஸ் நகரில் விளம்பரமாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட போலி நிரந்தர இயக்க இயந்தரம்.

நினைத்தனர்; ஆனால் சாமர்த்தியமாக மைறைத்து வைக்கப்பட்டிருந்த ஓர் இயந்தி அமைப்பினால்தான் அது சுழற்றப்பட்டு வந்தது. மின்சாரத்தினால் இயக்கப்பட அத்தகைய போலி “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரங்கள் பொதுமக்களின் பார்வையைக் கவர்வதற்காகக் கடிகாரக் கடைகளின் சன்னல்களில் வைக்கப்பட்டன.

இத்தகைய விளம்பரம் ஒன்று எனது மாணவர்களை பெரிதும் கவர்ந்தது. “நிரந்தர இயக்க இயந்திரம்” சாத்தியமாற்றதாகுமென நான் எவ்வளவோ சொல்லியும் அவர்கள் நம்பவிலலை. கண்ணால் காண்பதை நம்பாது இருக்க முடியாது அல்லவா? எனவே, குண்டுகள் உருண்டு சக்கரத்தைச் சுழற்றியதைக் கண்டபோது, நான் சொல்லியதைவிட அதுவே அவர்களுக்கு நம்பத் தகுந்ததாக இருந்தது. அந்தப் போலி “விந்தை” இயந்திரம் நகரின் மின்சாரத்தினால் ஓட்டப்படுகிறது என்றும் சொல்லிப் பார்த்தேன்; அதுவும் பயன்படவில்லை. ஞாயிற்றுக் கிழமைகளில் மின்சாரத்தை விடுவதில்லை என்பது அப்போது என் நினைவிற்கு வந்தது. எனவே, ஒரு ஞாயிற்றுக் கிழமையன்று அந்தக் கடைக்க சென்று பார்க்கும்படி அவர்களிடம் கூறினேன்.

“நிரந்தர இயக்க” இயந்திரம் சுழன்று கொண்டிருந்ததைப் பார்த்தீர்களா?” என்று பிறகு அவர்களைக் கேட்டேன்.

“இல்லை. பத்திரிகையொன்றினால் அது மூடப்பட்டிருந்தது” என்று தலையைத் தொங்கவிட்டுக் கொண்டு அவர்கள் கூறினர்.

ஆற்றல் அழிவின்மை விதியில் அவர்களுக்கு நம்பிக்கை உண்டாயிற்று. பிறகு, அந்த நம்பிக்கையை மீண்டும் அவர்கள் இழக்கவேயில்லை.

“தடை”

தாமகவே கற்றுத்தேர்ந்த ருஷ்ய இளைஞர்கள் பலர் “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரப் பிரச்சினையால் பெரிதும் கவரப்பட்டனர். 19ஆம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த பிரபல ருஷ்ய கவிஞர் ஸல்திக்கோவ்-ஷெத்ரீன் தமது நவீன காப்பியம் எனும் நூலில் சைபீரியக் குடியானவராக அலெக்ஸாண்டர் ஷெக்ஸோவை, ப்ரேஸென்டவ் என்னும் பெயரில் விவரிக்கிறார்:

> “ப்ரெஸென்டவுக்கு வயது 35; மெலிந்த தோற்றம்; வெளுத்த முகம். சிந்தனை தேங்கிய பெரிய கண்கள். நீளமான கேசம் பிடிபிடியாகக் கழுத்தின்மேல் விழுந்திருந்தது. சற்று பெரியதாயிருந்த அவர் அறையின் பாதிப்பகுதியை ஒரு பெரும் சம இயக்கச் சக்கரம் அடைத்துக் கொண்டிருந்தது! உள்ளே நுழைவதற்குகே சிரமப்பட வேண்டும். ஆரங்களுடன் கூடிய சக்கரம் அது; அதன் வெளிவிளிம்பு அகலமாய், பலகைகளினால் செய்யப்பட்டிருந்தது; பெட்டியையுப் போல் பலகைகள் ஆணிகளினால் இணைக்கப்பட்டிருந்தது. காலியாயிருந்த அதன் உட்புறத்தில் ஓர் இரகசிய சூட்சுமம் இருந்தது. தந்திரமானது எதுவும் அதில் இல்லை ஒன்றையொன்று சமநிலைப்படுத்தும் மணல் மூட்டைகள்தான் இருந்தன. ஆரங்களிடையே இருந்த கம்பு ஒன்று சக்கரத்தைச் சுற்றாது நிறுத்திவைத்திருந்தது.

“நிரந்தர இயக்க விதியைச் செயல்முறையில் நீங்கள் பயன்படுத்தியிருப்பதாகக் கேள்விப்பட்டோம். உண்மைதானா?” என்று தொடங்கினேன்.

“எப்படிச் சொல்தென்று தெரியவில்லை. வெற்றி கண்டுவிட்டதாகத்தான் நினைக்கிறேன்’ என்று சற்றுத் தடுமாற்றத்துடன் அவர் பதில் அளித்தார்.

“அதைப்பாருங்கள்! மகிழ்ச்சியுடன் காட்டுகிறேன்.”

“சக்கரம் இருந்த இடத்திற்கு அவர் எங்களை அழைத்துச் சென்றார். அதன் மறுபுறத்தையும் காண்பித்தார். இருபுறத்திலும் அது சக்கரம்தான், சந்தேகமில்லை.”

இது சுழலுமா?

“சுழல வேண்டும். ஆனால் இது சிறிது சலன சித்தமுள்ளது...”

“கம்பை எடுத்துவிடலாம் அல்லவா?”

“பரெஸென்டவ் அதை எடுத்தார்; ஆனால் சக்கரம் அசையவில்லை. “பாத்தீர்களா, மறுபடியும் இடக்கு செய்யத் தொடங்கிவிட்டது. தூண்டுதல் தேவைப்படுகிறது’ என்று மீண்டும் அவர் கூறினார்.

“இரண்டு கைகளினாலும் விளிம்பைப் பிடித்து, முன்னும் பின்னுமாகப் பல தடவை அசைத்து, முழு பலத்துடன் சுற்றிவிட்டார். சக்கரம் சுழலத் தொடங்கியது விரைவாகவும் சிக்கலின்றியும் அது பல முறை சுழன்றது. விளிம்பினுள்ளே மணல் மூட்டைகள் பலகைகளின் மீது மோதுவதையும் சறுக்கிச் செல்வதையும்கேட்க முடிந்தது. பிறகு மெல்ல மெல்ல வேகம் குறைத்துது. கிளிச்சிட்டு, முற்றிலும் நின்றுவிட்டது.”

“மறுபடியும் சக்கரைக் கைகளினால் பிடித்துத் தள்ளிக் கொண்டே ‘எங்கோ தடை இருக்க வேண்டும்’ என்று தடுமாற்றத்துடன் சொன்னார். ஆனால், விளைவு என்னவோ பழையபடிதான் இருந்தது.”

“ஒருவேலை, உராய்வை மறந்துவிட்டீர்களோ?”

“மறக்கவில்லை. உராய்வு என்றா சொன்னீர்கள்! அதனால் ஏற்பட்டதில்லை இது. உராய்வு ஒன்றுமில்லை. சில சமயம் சக்கரம் சுழன்று மகிழ்ச்சி அளிக்கிறது; ஆனால், திடீரென்று இடக்கு செய்யத் தொடங்கிவிடுகிறது. சக்கரம் மட்டும் மட்டரகப் பொருளினால் செய்யப்படாது. அசல் பொருளினால் செய்யப்பட்டிருந்தால்...”

சக்கரம் நிற்பதற்குத் “தடையோ” “அசல் பொருளால் செய்யப்படாததோ” அல்ல காரணம். தவறான கோட்பாடே அடிப்படை காரணம். இளைஞர் அளித்த தூண்டுதலினால் சக்கரம் சிறிது நேரத்திற்குச் சுழன்றது: ஆனால், வெளியிலிருந்து கொடுக்கப்பட்ட இந்த ஆற்றல் உராய்வினால் தீர்ந்து போனபின் சக்கரம் நின்றுதானே ஆகவேண்டும்.

“எல்லாம் இந்தக் குண்டுகள் செய்யும் வேலை”

எழுத்தாளர் கரோனின் தாம் எழுதிய “Perpetuum Mobile” என்னும் கதையின் பிறிதொரு ருஷ்ய “நிரந்தர இயக்க” இயந்திர அமைப்பாளரான குடியானவர் லவ்ரேன்தீ கோல் திரெவைப் பற்றிக் கூறுகிறார். இவர் 1884இல் இறந்துபோனவர். இவர் பெயரை பீஹ்தின் என்று தமது கதையில் கரோனின் மாற்றினார். அந்த இயந்திரத்தைப் பற்றி அவர் நுணுக்கமாக விவரித்திருக்கிறார்:

“எங்களுக்கு எதிரே விசித்திரமான பெரிய இயந்திரம் ஒன்று இருந்தது; முதல் தடவை பார்க்கும் போது குதிரைகளுக்கு லாடம் அடிப்பதற்குக் கருமர் பயன்படுத்தும் அமைப்பைப் போன்றிருந்தது அது. சரிவரத் திட்டமிட்டு அமைக்கப்படாத மரத் தூண்கள், மர உத்தரங்கள், சம இயக்கச் சக்கரங்களினாலும் இயக்கம் தரும் பல் சக்கரங்களினாலுமாகிய இணைப்புகள் - எல்லாம் இருந்தன. பார்ப்பதற்கு ஏதோ கரடுமுரடாகவும் விகாரமாகவும் தோன்றியது. இயந்திரத்திற்குக் கீழே தரையின் மீது இரும்புக் குண்டுகள் பல கிடந்தன; ஒருபுறம் அவை அடுக்கியும் வைக்கப்பட்டிருந்தன.

‘அதுதானோ?’ என்று கோட்டார் மேனஜர்.

“அதேதான்.”

“சரி, அது சுழலுமா?”

“சுழல்லாட்?”

“அதைச் சுழற்றுவதற்குக் குதிரை ஏதாவத வைத்திருக்கிறீர்களோ?”

“குதிரையா? எதற்காக? அது தானாகவே சுழலுகிறது” என்று கூறிவிட்டு, அந்த பூதாகரமான அமைப்பு எப்படி இயங்குகிறது என்பதைக் காட்டலானான் பீஹ்தின்.

“பிரதான வேலையைச் செய்வது அருகில் குவித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரும்புக் குண்டுகள்தாம்.”

“எல்லாம் இந்தக் குண்டுகள் செய்யும் வேலை பாருங்கள். முதலில் குண்டு இந்தத் தொட்டியில் வேகமாகச் சென்று விழுகிறது. பிறகு அந்தக் காடியின் வழியே மின்னல் வேகத்தில் ஓடி, அந்தத் தொட்டியில் விழுகிறது; மீண்டும் அந்தச் சக்கரத்திற்குச் சென்று அதை வேகமாகத்

தள்ளுகிறது. அதனால் இயந்திரம் முனகக்கூடத் தொடங்குகிறது. இதற்குள் இன்னொரு குண்டு வருகிறது. அதுவும் முதலில் இந்தத் தொட்டியில் விழுகிறது. பிறகு காடியின் வழியே ஓடி அந்தத் தொட்டியை அடைந்து, சக்கரத்திற்குச் சென்று அதைத் தள்ளுகிறது. தொடர்ந்து இப்படித்தான் சக்கரம் சுழலுகிறது. சற்று இருங்கள். அதைத் துவக்குகிறேன்."

"பீஹ்தின் அங்கும் இங்கும் ஓடி, அவசரம் அவசரமாக இரும்புக் குண்டுகளைச் சேகரித்தார். பிறகு, அவற்றை எல்லாம் காலுக்கருகே குவித்து வைத்துக் கொண்டார். ஒரு குண்டை எடுத்து, சக்கரத்தில் மிகவும் அருகில் இருந்த தொட்டியின் தனது முழு பலத்துடன் வீசினார். அடுத்து இன்னொரு குண்டு; அதையடுத்து மூன்றாவது குண்டு. இவ்வாறாக வரிசையாக குண்டுகளை வீசினால். அதனால் ஏற்பட்ட சத்தம் சகிக்க முடியாமலிருந்தது. குண்டுகள் இரும்புத் தொட்டிகள் மீது மோதின; சக்கரம் கிறிச்சிட்டது; தூண்கள் திணறின. ஒருவகை நரகச் சத்தமும் களேபரமும் இந்தப் பாழிடத்தை நிறைத்தன."

கோல்திரெவின் இயந்திரம் இயங்கியதாகவே கரோனின் கூறுகிறார். ஆனால் இது தவறாயிருக்க வேண்டும் என்பது தெளிவு. குண்டுகள் மேலிருந்து கிழே விழுந்து கொண்டிருக்கும்போதுதான் - அதாவது ஊசல் கடிகாரத்தின் எடைகளினால் நிகழ்வதைப் போன்றே, குண்டுகள் மேலே தூக்கப்படும் போது அவற்றிற்கு உண்டாகும்நிலை ஆற்றல் அழிவதனால் தான் - சக்கரம் இயங்கியிருக்க முடியும். ஆயினும், அது அதிக நேரம் சுழன்றிருக்க முடியாது; ஏனெனில், தூக்கப்பட்ட எல்லாக் குண்டுகளும் தொட்டிகளில்விழுந்து "மோதிக்" கீழே சென்றவுடன் அது நின்றுவிடும் - மேலே தூக்குவதாகக் கருதப்படும் குண்டுகள் எல்லாவற்றின் எதிர் விளைவு காரணமாக அது முன்னதாகவே நின்றுவிடாதிருந்தால்!

பிற்பாடு யெக்கத்தெனின்பர்க் என்னும் நகரத்தில் (இப்போது வெர்திலோவ்க்) நடைபெற்ற கண்காட்சியில் தமது இயந்திரத்தை காண்பித்தபோது கோல்திரெவ் உண்மையான தொழில் இயந்திரங்களைக் கண்டார்; அப்போது தான் தமது இயந்திரத்தில் அவர் நம்பிக்கை இழந்தார். அவரது "நிரந்தர இயக்க" அமைப்பைப்பற்றிக் கேட்டபோது, "சுத்த மோசம்! அதை வெட்டிவிடச் சொல்லுங்கள்; விறகுக்காவது பயன்படும்" என்று உற்சாகமில்லாமல் சோர்ந்து போய் கூறினார்.

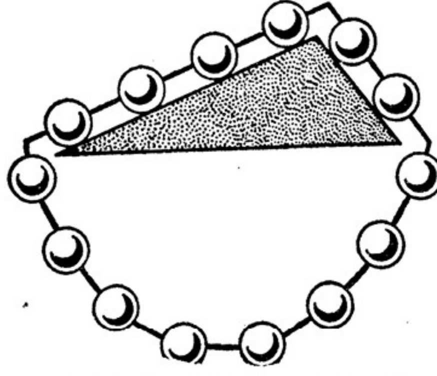
உபீம்ஸெவின் ஆற்றல் திரட்டி

உபீம்ஸெலின் இயக்க ஆற்றல் திரட்டி (அக்யூமுலேட்டர்) எனப்படுவது, "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தை மேம்போக்காய்ப் பார்ப்பவர் எப்படி ஏமாறக்கூடும் என்பதைக் காண்பிக்கிறது. வர்க் என்னுமிடத்தைச் சேர்ந்த உபீம்ஸெவ், சம இயக்கச் சக்கரக் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் இயங்கும் "சடத்துவ ஆற்றல் திரட்டி" என்பதைக் கொண்டு மலிவான புதுவகைக் காற்றாடி விசை நிலையத்துக்குத் திட்டம் வகுத்தார். **1920**இல் அதன் மாதிரி ஒன்றைச் அமைத்தார். காற்றில்லாத குழலினுள் பால் பேரிங்குகளின் மீதுவைக்கப்பட்டு செங்குத்தான அச்சை சுற்றிச் சுழலும் தட்டினால் ஆகியது அது. நிமிஷத்திற்கு **20,000** சுற்றுகள் சுழலும்படி அதை முடுக்கிவிட்டுவிட்டால், அத்தட்டினால் **15** நாள் நிற்காமல் சுழல முடிந்தது! ஆழ்ந்த சிந்தனை இல்லாதவர் அதைப் பார்த்தால், தம்முன் "நிரந்தர இயக்க இயந்திரம் ஒன்று இருப்பதாகவே நினைத்துக் கொள்வார்.

அற்புத அமைப்புத்தானா?

"நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தை அமைக்கலாம் என்ற வீண் முயற்சியால் வாழ்க்கையைப் பாழாக்கிக் கொண்டவர்கள் பலர். **1917** அக்டோபர் புரட்சிக்கு முன்பு, எனக்குத் தெரிந்த தொழிலாளி ஒருவர் நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தை எப்படியும் கண்டுபிடித்துவிட முடியும் என்று எண்ணிக் கொண்டு, தமது சம்பளம், சேமிப்பு எல்லாவற்றையுமே செலவழித்து வறுமையிலேயே மூழ்கிப் போனார். கிழிந்த உடை; எப்போது பார்த்தாலும் பசி வழியில் யாரைச் சந்தித்திதாலும், "நிச்சயம் இயங்கும்" "முடிவான மாதிரியைச்" செய்வதற்க்கு

"நி கொஞ்சம் பணம் கொடுத்து உதவுங்கள் என்று மன்றாடுவார். இயற்பியலின் ஆரம்ப பாடங்களை அறியாத காரணத்தால் இப்படி இவர் வேதனைப்படுவதை பார்க்கப் பரிதாபமாயிருந்தது.



படம் 47. அற்புதம் "ஆயினும் அற்புதமில்லை."

"நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கான முயற்சிகள் எப்போதும் தோல்வியிலேயே முடிந்தன. ஆயினும், அது சாத்தியமல்ல என்ற ஆழ்ந்த தெளிவு ஏற்பட்டதானது உயர் மதிப்புக்குரிய பல கண்டுபிடிப்புகளுக்கும் காரணமாய் அமையலாயிற்று.

16வது நூற்றாண்டின் இறுதியில் வாழ்ந்த டச்சு விஞ்ஞானி டீவின், சாய்தளத்தில் செயல்படும் சக்திகளின் சமநிலையைப் பற்றிய விதியை நிலைநாட்ட வகுத்தமைத்த முறை இதற்கு ஓர் அற்புத எடுத்துக்காட்டு. அவருடைய பல முக்கியக் கண்டுபிடிப்புகனை இன்று நாம் எந்நேரமும் உபயோகித்து வருகிறோம். அவருக்குக் கிட்டியதைவிடப் பன்மடங்கு அதிக புகழ்பெற தகுதியுடையவர் அவர். அம்முக்கியமான கண்டுபிடிப்புகளுள் சில; தசம பின்னங்கள், இயற்கதைவியலில் பகுதி எண்களைப் புகுத்தியது. பாஸ்கல் பிற்பாடு மீண்டும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது திரவநிலையியல் விதி.

சக்திகளின் இணைகர விதியைப் பயன்னடுத்தாமலேயே சாய்தளத்தின் மீது செயல்படும் சக்திகளின் சமநிலை விதியை டீவின் கண்டுபிடித்தார். விளக்கப் படம் ஒன்றைக் கொண்டு அதை அவர் நிரூபித்தார் - படம் 47இன் அதைக் காணலாம். ஒரேமாதிரியான பதினான்கு கோளங்களாலான சங்கிலி ஒன்று. மூன்று பக்கமுள்ள பட்டகத்தின் மீது தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. அதற்கு என்ன நேருகிறது? மாலை போல் தொங்கும் சங்கிலியின் அடிப்பகுதி சமநிலையில் இருப்பதைத் தெளிவாகக் காணலாம். ஆனால் பிற பகுதிகள் இரண்டு ஒன்றையொன்று சமனப்படுத்துகின்றனவா? அதாவது, வலது பகுதியிலுள் இரண்டு கோளங்களும் இடது பகுதியில் இருக்கும் நான்கு கோளங்களும் சமனப்படுத்துகின்றனவா? ஆம். அப்படி இல்லாவிட்டால், சங்கிலி

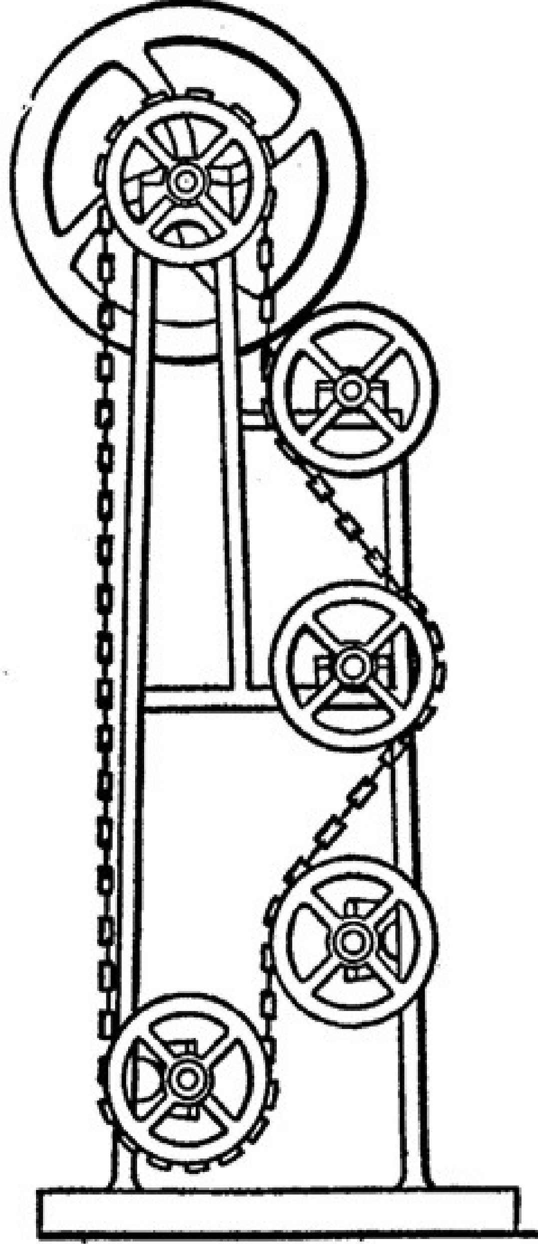
தானாகவே வலது பக்கத்திலிருந்து இடது பக்கத்திற்குச் சுற்றிக் கொண்டே இருக்கும்; ஏனெனில், சறுக்கிவிழும் கோளங்களுக்குப் பதிலாக வேறு கோளங்கள் வந்து கொண்டேயிருக்கும்; எனவே, சமநிலையே ஏற்படாது. ஆனால், மேலே குறிப்பிட்ட முறையில் போடப்பட்ட சங்கிலி தானாக நகருவதேயில்லை என்பது நமக்குத் தெரியும். ஆகவே, வலது பக்கத்திலுள்ள இரண்டு கோளங்கள் இடது பக்கத்திலுள்ள நான்கு கோளங்களால் உண்மையாகவே சமனப்படுத்தப்படுகின்றன என்பது தெளிவு. அற்புதம் போல் தோன்றுகிறது, இல்லையா? அதாவது இரண்டு கோளங்களின் சக்தி நான்கு கோளங்களின் சக்திக்குச் சமமாகிவிடுகிறது. டீவின் இதிலிருந்து இயக்கியலில் ஒரு புது விதியையே கண்டுபிடித்தார். பின்வருமாறு அவர் வாதித்தார்; ஒரு நீளமாகவும் மற்றொன்று குட்டையாகவும் இருக்கும் இருசங்கிலிப் பகுதிகளில் நீளமானது குட்டையானதைக் காட்டிலும், பட்டகத்தின் நீண்ட பக்கம் குட்டைப் பக்கத்தைவிட எத்தனை மடங்கு நீளமானதோ, அத்தனை மடங்கு எடையில் கூடுதலானதாகும். எனவே, சாய்தளங்களின் மீது இணைக்கப்பட்டிருக்கும் இரு பளுக்களின் எடைகள் சாய்தளங்களின் நீளங்களுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்குமானால் அவை சமநிலையில் இருக்கும்.

குட்டையான தளம் செங்குத்தாக இருக்கும்போது, நன்கு தெரிந்த இயக்கியல் விதி ஒன்று செயல்படுகிறது. அதாவது, ஒரு பொருள் சாய்தளத்தின் மீது சமநிலையில் இருக்க வேண்டுமானால், சாய்தளத்தின் நீளம் அதன் உயரத்தை விட எத்தனை மடங்கு அதிகமாயிருக்கிறதோ அப்பொருளின் எடையைவிட அத்தனை மடங்கு குறைவான சக்தி அதன் மீது சாய்தளத்துக்கு எதிர்த் திசையில் செலுத்தப்பட வேண்டும். இவ்வாறு, "நிரந்தர இயக்க இயந்திரம்" என்பது சாத்தியமல்ல என்னும் கருத்து இயக்கியலில் ஒரு புதிய கண்டு பிடிப்புக்கு ககாரணமாகியது.

இன்னும் சில "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரங்கள்

படம் 48ல் கனமான ஒரு சங்கிலி அதன் நிலை எப்படி இருந்தாலும் அதன் வலதுபகுதி இடது பகுதியைவிட எப்போதும் நீளமாயிருக்கும்படி சக்கரங்களைச் சுற்றிக் கட்டப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். இதன் அமைப்பாளர் நினைத்தது என்னவென்றால், வலது பகுதியின் எடை இடது பகுதியன் எடையைவிட எப்போது அதிகமாகவே இருக்குமாதலால், இவ்வமைப்பு நிற்காமல் - சுற்றிக்கொண்டேயிருக்கும் என்பதாகும். ஆனால், அவ்வாறு நடக்கிறதா? இல்லை. இரு பகுதிகளையும்

வெவ்வெறு கோணங்களில் செயற்படும் சக்திகள் இழுத்தால், சங்கிலியின் கனமான பகுதியை, இலேசான பகுதி கூட



படம் 48. இது ஒரு
"நிரந்தர இயக்க" இயந்திரமா?

சமநிலைப்படுத்திவிடும். குறிப்பாக இவ்வமைப்பில் சங்கிலியின் இடது பகுதி நேராகக் கீழே தொங்குகிறது; வலது பகுதியோ சாய்ந்திருக்கிறது. எனவே, வலது பகுதி அதிக கனமாய் இருந்தாலும்,. இடது பகுதியை அதனால் இழுக்க முடியாது; ஆகவே, நாம் எதிர்பார்க்கும் "நிரந்தர" இயக்கம் நிகர்வதில்லை.

இது வரை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரங்களுள் மிகவும் சாமர்த்தியமாக அமைக்கப்பட்டது. **1860**ஆம் அண்டுகளில் நடைபெற்ற பாரி கண்காட்சியில் காண்பிக்கப்பட்டதாகும். அது பெரியதொரு சக்கரத்தால் ஆகியது; அதன் அறைகளில் குண்டுகள் உருண்டு கொண்டிருந்தன. எவராலும் அதை நிறுத்த முடியாது என்று அதைக் கண்டுபிடித்தவர் கூறினார். பலர் அதை நிறுத்த முயன்றர்; ஆனால் அவர்கள் தங்கள் கைகளை அதிலிருந்து எடுத்ததும் அது மீண்டும் சுற்றிக் கொண்டே இருந்தது. அவை நிறுத்துவதற்குப் பயன்படுத்திய சக்தியினாலேயே அது மறுபடியும் சுழன்றது என்பதை ஒருவராவது உணரவில்லை. அதை நிறுத்துவதற்காப் பின்புறம் தள்ளியபோது, தந்திரமாக மறைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள சுருள்வில் ஒன்றை அது முடுக்கியது.

பேரரசர் பீட்டர் வாங்க விரும்பிய "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம்

ஜெர்மனியிலிருந்து அர்ஃபீரிய என்பவர் கண்டுபிடித்த "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம் ஒன்றை பீட்டர் பேரரசர் விலைக்கு வாங்க விரும்பியபோது, **1715-1722**க்கிடையில் நடைபெற்ற கடிதப் போக்குவரத்து நமக்குத் தெரிந்ததே. அர்ஃபீரிய "தானாக இயங்கும் சக்கரம்" ஒன்றைக் கண்டுபிடித்தார்; அவருக்கு அது பெரும் புகழ் தேடித் தந்தது. ஜார் அரசனுக்கு மிகப் பெருந் தொகைக்கு அதை அவர் விற்க இசைந்தார். பிட்டர் சக்கரவர்த்தி தமது நூலக அதிகபாரியான ஷூமாஹர் என்பவரை அரிய பொருள்களைச் சேகரித்து வரும்படி மேற்கு ஐரோப்பாவுக்கு அனுப்பியிருந்தார். அர்ஃபீரியஸின் சக்கரத்தை விலைபேசியபோது ஷூமாஹர் பீட்டருக்கு எழுதியதாவது:

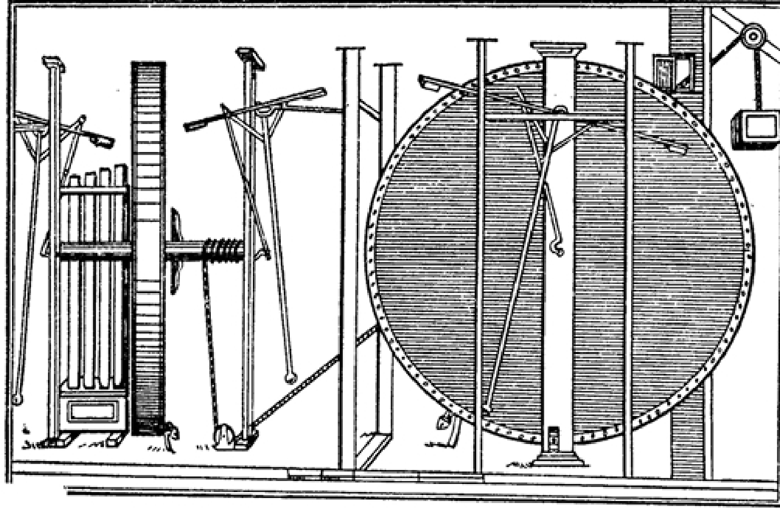
"லட்சம் ரூபிள் கொடுத்தால் இயந்திரம் உங்களுடையது" என்று முடிவாய்க் கூறுகிறார் அதன் அமைப்பாளர்."

"இயந்திரம் போலியல்ல, கெட்ட எண்ணங் கொண்டோரைத் தவிர வேறு யாரும் அதை இகழ்ந்து பேச முடியாது. ஆனால் நாம் நம்பக்

கூடாத கெட்டவர்கள் உலகில் நிறைய உண்டு" என்று அதன் அமைப்பாளர் சொல்வதாய் ஜுமஹர் எழுதினார்.

இந்தப் புகழ் பெற்ற "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தை நேரில் என்று பார்ப்பதென 1725 ஜனவரியில் பேரரசர் பீட்டர் முடிவு செய்தார்; ஆனால் போய்ப் பார்ப்பதற்கு முன்னரே இறந்துவிட்டார்.

அர்ஃபீரிய எனப்படும் இந்தமாய மனிதர் யார்? அவருடைய "புகழ் வாய்ந்த இயந்திரம்" உண்மையில் எப்படிப் பட்டது? அவரையும் அவருடைய இயந்திரத்தையும் பற்றிச் சிறிதளவு என்னால் தெரிந்து கொள்ள முடிந்தது.



படம் 49. பேரரசன் பீட்டர் வாங்க விரும்பிய அரஃபீரியஸின் "தானாக இயங்கும்" சக்கரம் (ஒரு பழைய சித்திரத்திலிருந்து.)

அர்ஃபீரியஸின் உண்மைப் பெயர் பெலர். ஜெர்மனியில் 1689இல் பிறந்தவர். "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் முன் எம்முன் கடவுளியல், மருத்துவம், ஓவியம் ஆகியவற்றறைப் பயின்று வந்தார். அத்தகைய இயந்திரம் ஒன்றைக் கண்டுபிடிக்க முயன்றவர்களுள் அவரே மிகுந்த புகழ் அடைந்தவர்; எப்படியும் இவர்கள் யாவரிலும் அவரே மிகப் பெரிய அதிர்ஷ்டசாலி. இறுதி நாள் வரை - அதாவது 1745 வரை தமது இயந்திரத்தால் கிடைத்த வருமானத்தைக் கொண்டே சுகமாய் வாழ்ந்தவர்.

அஃபீரியஸின் இயந்திரம் 1714ஆம் ஆண்டில் எப்படி இருந்தது என்பதைப் படம் 49ல் காணலாம். ஒரு பழைய புத்தகத்திலிருந்து

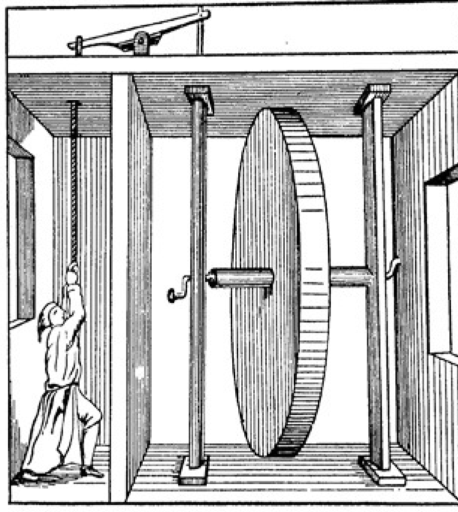
எடுக்கப்பட்ட படம் இது. ஒரு பெரிய சக்கரம்; அது தானாகவே சுழலுவது மட்டுமன்றி, கனமான பளு ஒன்றையும் கணிசமான உயரத்திற்கத் தூக்கவும் செய்தது.

அர்ஃஃஸபீரிய பல இடங்களில் தமது அற்புத இயந்திரத்தைக் காண்பித்து வந்தார். விரைவல் இதன் புகழ் ஜெர்மனி முழுவதும் பரவியது. சீக்கிரத்தில் அவருக்கு நல்ல ஆதரவாளர்கள கிடைத்தனர். போலந்து அரசர் அதில் அக்கறை காட்டினார். ஹெஸ்ஸி-கர்ஸெல் பிரபுவும் அவரை ஆதரித்து. தமது கோட்டையனக் கண்டுபிடிப்பாளரிடம் ஒப்படைத்து இயந்திரத்தைப் பல்வேறு சோதனைகளக்கு உட்படுத்திப் பார்த்தார்.

1717 நவம்பர் **12**இல் அந்த இயந்திரம் ஓர் அறையில் வைக்கப்பட்டு இயக்கப்பட்டது. பின்னர் அறையைப் பூட்டி முத்திரையிட்டுவிட்டனர். இரண்டு காவலாளர்கள் அறைக்கு வெளியே காவல் காத்துக்கொண்டிருந்தனர், **15** நாள் வரை முத்திரை உடைக்கப்பட்ட நாளான நவம்பர் **26** வரை எவரும் அதன் அருகே செல்லத் துணியவில்லை. அறையைத் திறந்து கொண்டு ஹெஸ்ஸி-கர்ஸெல் பிரபுவும் அவரது ஆட்களும் உள்ளே சென்றனர். சக்கரம் “குறையாத வேகத்துடன் “இன்னமும் சுழன்று கொண்டே இருந்தது. அதை நிறுத்தி கவனமாகப் பரிசோதித்தனர். பிறகு அது மீண்டும் இயக்கப்பட்டது. இம்முறை **40** நாள் வரை அறை பூட்டப்பட்டுக் காவலாளர்களினால் காத்துவரப்பட்டது. மறுபடியும் **1718** ஜனவரி **4** அன்று அறை திறக்கப்பட்டது. நிபுணர் குழு ஒன்று உள்ளே நுழைந்து பரிசோதித்தபோது, சக்கரம் இன்னமும் சுழன்று கொண்டே இருந்தது. ஆனால், ஹெ ஸி-காஸெல்பிரபு அப்போதும் திருப்தியடையவில்லை. எனவே, மூன்றாவது முறையாய்ச் சோதனை செய்தார். இந்தத் தடவை இரண்ட மாதம் வரை பூட்டிவைத்திருந்தார். அதற்குப்பிறகும் சக்கரம் சுழன்று கொண்டிருந்ததைக் கண்டபோது அவருக்கு மிகுந்த மகிழ்ச்சி ஏற்பட்டது. அர்ஃபீரியஸின் “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரம் நிமிஷத்திற்கு **50** தடவை சுழல்கிறது என்றும் **16** கிலோகிராம் பளுவை **15** மீட்டர் உயரத்திற்குத் தூக்கவல்லது என்றும் ஒரு சாணைக் கல்லையும் துருத்தியையும் இயங்கச் செய்யக்கூடியது என்றும் ஒரு நற்சான்றிதழ் கண்டுபிடிப்பாளருக்கு வழங்கப்பட்டது. அதை வைத்துக் கொண்ட அர்ஃபீரிய ஐரோப்பா முழுவதும் சுற்றினார். பீட்டார் பேரரசருக்குத் தமது இயந்திரத்தை விற்பதற்குக் குறைந்தபட்சம் **100,000** ரூபிள் கேட்டார் என்பதிலிருந்து அவர் இவ்வியந்திரத்தைக் கொண்டு ஏராளமாகச் சம்பாதிருக்க வேண்டும் என்று தெரிகிறது.

அவரது அற்புத இயந்திரத்தின் புகழ் விரைவில் எங்கும் பரவியது. இறுதியில், பீட்டர் பேரரசருக்கும் எட்டியது. அவருக்கு இயந்திரங்களில் ஒரு தனி அபிமானம் இருந்தது. 1715இலேயே வெளிநாடுகளில் பிரயாணம் செய்து கொண்டிருந்தபோது அவர் கவனத்திற்கு அர்ஃபீரியஸின் இயந்திரத்தைப் பற்றிய செய்தி கொண்டுவரப்பட்டது. அப்போதுதான், அதைப் பார்வையிடும்படி பிரபல தூதர் ஆடர்மன் என்பவரை அவர் பணித்தார். இயந்திரத்தை நேராகப் பார்க்க முடியாவிட்டாலும், அதைப்பற்றிய விரிவான அறிக்கை ஒன்றை ஆடர்மன் அனுப்பினார். தம்மிடம் உத்தியோகம் ஏற்குமாறு அர்ஃபீரியஸை அழைக்கக்கூட பீட்டர் எண்ணினார். அது குறித்து, ஹிரீதியான் வோல்ப் என்னும் புகழ்வாய்ந்த தத்துவவியல் அறிஞரின் அபிப்பிராயத்தை அறியவும் விரும்பினார்.

போட்டி போட்டுக் கொண்டு அர்ஃபீரியஸிடம் அவ்வியந்திரம் விலை பேசப்பட்டது. அரசர்களும் ராஜகுமாரர்களும் அவருக்கு ஏராளமாகப் பரிசுகள் வழங்கினார்கள். அவருடைய அற்புதச் சக்கரத்தைப் போற்றி கவிஞர்கள் வாழ்த்துப் பாடல்கள் இயற்றினர். ஆனால் சிலர் அவரைப் புரட்டுக்காரர் என்றும் எண்ணினர். சற்றுத் துணிச்சலானவர்கள் அர்ஃபீரியஸின் புரட்டை நேரிடையாகவே தூற்றினர்; அப்புரட்டை வெளிப்படுத்திக் காண்பிப்பவருக்கு 1,000 மார்க்குகள் (ஜெர்மன் நாணயம்) பரிசளிப்பதாகக்கூட கூறினர். அவரை எதிர்த்து எழுதப்பட்ட கண்டனக் கட்டுரை ஒன்றில் அந்த இயந்திரத்தின் ரகசியத்தை பற்றி விளக்கப்படும் ஒன்று வரையப்பட்டிருந்தது. படம் 50இல் அதைக் காணலாம். சக்கரத்தைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும் தூண்களின் உட்பகுதியினுள் ரகசிய பகுதியில் சுற்றிய கயிற்றைத் தந்திரமாய் மறைந்திருந்து ஓர் ஆள் இழுப்பதாக அதில் வரையப்பட்டிருந்தது!



படம் 50. அர்ஃபீரியஸ் இயந்திரத்தின் ரகசியம் (ஒரு பழைய சித்திரத்திலிருந்து.)

அந்த ரகசியம் அக மாத்தாய் வெளியாகிவிட்டது. அர்ஃபீரியஸின் மனைவிக்கும் பணிப்பெண்ணுக்கும் அந்த ரகசியம் தெரிந்திருந்தது. ஒருநாள் அவ்விருவருக்கும் அர்ஃபீரியஸுக்கும் இடையே தகராறு ஏற்பட்டபோது அது வெளிப்பட்டது. மெய்யாகவே அந்த இயந்திரம் ஓர் ஆளினால், அர்ஃபீரியஸின் சகோதரனினாலோ, பணிப்பெண்ணினாலோ மெல்லிய நூலைக் கொண்டு சுழற்றப்பட்டதாம். ஆனால் சாகும் வரைகூட அர்ஃபீரிய அதை ஒப்புக்கொள்ள வேயில்லை. தமது மனைவியும் பணிப்பெண்ணும் தம்மீதுள்ள வன்மத்தினாலேயே அவ்வாறு தூற்றினர் என்று சொல்லிக் கொண்டிருந்தார். எனினும், அவர் மீதிருந்த நம்பிக்கை தகர்ந்தது. ஆகவே, ஜாரின் தூதரான ஷமாஹரிடம் மனிதர்கள் கெட்ட எண்ணம் நிறைந்தவர்களாயுள்ளனர் என்று அவர் வற்புறுத்திக் கூறியதில் வியப்பு ஏதும் இல்லை.

ஏறக்குறைய அதே காலத்தில் மற்றொரு புகழ்பெற்ற “நிரந்தர இயக்க” இயந்திர அமைப்பாளர் ஜெர்மனியில் இருந்தார். அவருடைய இயந்திரத்தைப் பற்றி ஷூமாஹர் பின்வருமாறு எழுதினார்:

“ஹெட்னரின் ‘நிரந்தர இயக்க’ இயந்திரத்தை டிரெஸ்டனில் பார்தேன். அது மணல் மூட்டையினாலும், தானாகவே முன்னும்பின்னம் திரும்பும் சாணைக்கல்லைப் போன்ற இயந்திரத்தினாலும் ஆனது. ஆயினும் அதைப் பெரிய அளவில் செய்ய முடியாது என்று அவ்வமைப்பாளர் கூறுகிறார்.” நிச்சயமாய் இதுவும் “நிரந்தர இயக்கத்தைத் தந்திருக்காது; தந்திரமாக மறைத்து வைக்கப்பட்ட அமைப்பினால் இயங்கும்

இயந்திரமாகத்தான் இருந்திருக்கும். ஆங்கிலேய, பிரெஞ்சு அறிஞர்கள் “இந்த ‘நிரந்தர இயக்க’ இயந்திரங்கள் கணிதவியல் கோட்பாடுகளுக்கு மாறானவை எனக்கேலி செய்கின்றனர்” என்று ஷோமாஹர் பேரரசர் பீட்டருக்கு எழுதியது முற்றிலும் சரியே ஆகும்.

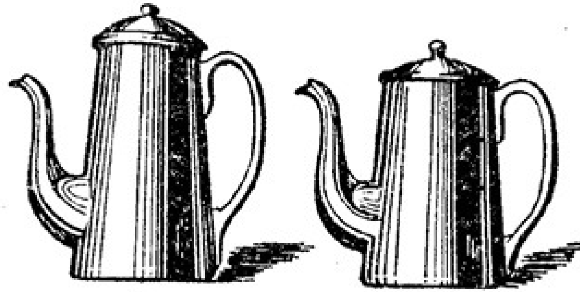
1 [1] “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரம் - பதிப்பாசிரியர்.



அத்தியாயம் ஐந்து: திரவங்கள், வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் இயல்புகள்

இரண்டு காப்பிக் கெண்டிகள்

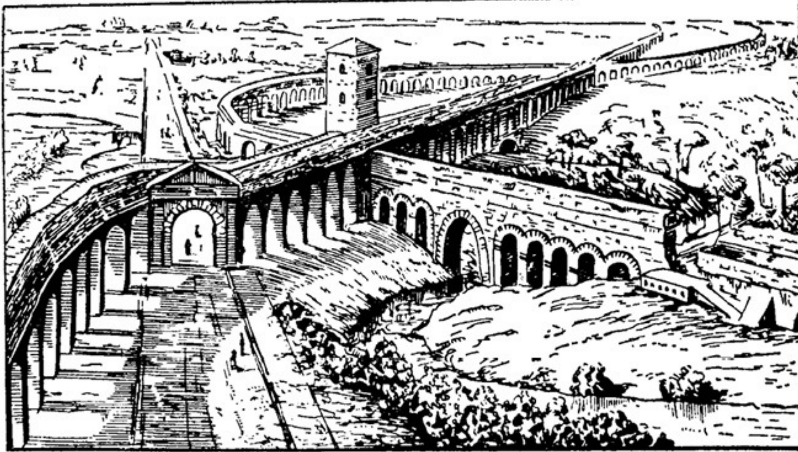
ஒரே அகலமுள்ள இரண்டு காப்பிக் கெண்டிகளைப் படம் 51ல் காண்கிறோம். எனினும் ஒன்று மற்றொன்றைவிட உயரமானது. இரண்டில் எது அதிகம் பிடிக்கும்? சித்திக்காத ஒருவர் உயரமானதையே சுட்டிக்காட்டுவார். ஆயினும், மூக்கு முனை மட்டம் வரைதான் கெண்டியை நிரப்ப முடியும். அதிகமாக ஊற்றினால் திரவம் வெளியே சிந்திவிடும். இரண்டும் காப்பிக் கெண்டிகளின் மூக்குகளும் ஒரே மட்டத்தில் இருப்பதால் உயரமான கெண்டியில் எவ்வளவு பிடிக்குமோ அவ்வளவுதான் குட்டையான கெண்டியிலும் பிடிக்கும். ஏன் என்பது உங்களுக்கு எளிதில் விளங்கும். காப்பிக் கெண்டியும் அதன் மூக்கும் ஒன்றோடொன்று இணைந்தவை. எனவே, மூக்கிலுள்ள திரவத்தின் எடை காப்பிக் கெண்டியினுள் இருக்கும் திரவத்தின் எடையைவிட மிகவும் குறைவாயிருந்தால் கூட, இரண்டிலும் திரவம் ஒரே மட்டத்திலேயே இருக்க வேண்டும். கெண்டியின் மேல்விளிம்பைவிட மூக்கு உயரமாகயிருந்தாலொழிய காப்பிக் கெண்டியின் மேல்விளிம்பு வரை உங்களால் ஒரு போது நிரப்பமுடியாது. சாதாரணமாக, காப்பிக் கெண்டியின்முக்கு அதன் மேல்விளிம்பைவிடச் சற்று உயரமாகவே இருக்கும். அப்போதுதான் கெண்டியைச் சிறிதளவு சாய்ந்தாலும் திரவம் வெளியே கொட்டாமல் இருக்கும்.



படம் 51. எந்தக் காபிக் கொண்டி அதிகம் பிடிக்கும்?

பண்டையரின் அறியாமை

ரோமானியர்கள், தங்களுடைய மூதாதையர் சுட்டிய நீர்க்குழாய்களுள் எஞ்சியிருப்பவற்றை இன்றுகூட உபயோகித்து வருகின்றனர். ரோமானியரின் அடிமைகள் தங்கள் வேலையை நன்றாகவே செய்தனர் எனினும், ரோமானிய இஞ்சினியர்களைப் பொறுத்தவரை அங்கனம் சொல்ல முடியாது. ஆரம்பப்



படம் 52. பண்டைய ரோமானிய நீர்க்குழாய்கள்.

அடிப்படை இயற்பியல் அவர்களுக்குப் போதிய ஞானமில்லை என்பது தெரிகிறது. மியூனிக்கிலுள்ள ஜெர்மன் பொருட்காட்சி சாலையில் பத்திரமாகப் பாதுகாக்கப்பட்டு வரும் சித்திரம் ஒன்றை படம் 52 காண்கிறது. ரோமானியர்கள் நீர்க்குழாய்களை நிலத்திற்கு அடியில் புதைக்கவில்லை; உரயமான தூண்களின் மீதே அவற்றை அமைத்தனர். ஏன்? நிலத்திற்கடியில் நீர்க்குழாய்களை அமைத்து இன்று நாம் கையாளும் முறை எளிதானது அல்லவா? இணைப்பு கொண்ட பாத்திரங்கள் பற்றிய விதிகளைப் பற்றிப் பண்டைய ரோமாபுரிய இஞ்சீனியர்களுக்கு இருந்த அறிவு சொற்பமானது. இரண்டு கொள்கலங்களை நீண்ட குழாய் ஒன்றினால் இணைத்தால் அவற்றில் நீர் ஒரே மட்டத்திற்கு உயராது என்று அவர்கள் பயந்தனர். மேலும், நிலத்திற்கடியில் குழாய்களை அமைத்தால் சில இடங்களில் நில அமைப்பையொட்டி, நீர் மேல்நோக்கிப் பாய வேண்டியிருக்கும் என்றும், அது நடக்காத ஒன்று என்றும் எண்ணினர். அதனால்தான், அவர்கள் அமைத்த நீர்க்குழாய்கள் சாதாரணமாக வழி நெடுகிலும் மேலிருந்து கீழ்நோக்கி சாய்ந்த செல்கின்றன. அடிக்கடி அவர்கள் நீர்க்குழாய்களைச் சுற்றுவழியிலோ உயரமான வளைவுகளைக் கட்டி அவற்றின் மீதே அமைக்க வேண்டியுமிருந்தது. ‘அக்வா மார்ட்ஸியா’ எனப்படும்

ரோமானிய நீர்க்குழாயின் நீளம் 100 கி.மீ. எனினும் அதன் இரு நுனிகளுக்குமிடையே உள்ள தொலை நேராக அளந்தால், அது 50 கி.மீ. தான் இருக்கிறது. இயற்பியலின் ஒரு சாதாரண ஆரம்ப விதியைப் பற்றிப் பண்டைய ரோமானியர்களுக்குத் தெரியாமற் போனதானால், 50 கி.மீ அதிகமாகக் குழாய்கள் கட்ட வேண்டியிருந்தது!

திரவங்கள் மேல்நோக்கியும் அழுத்துகின்றன

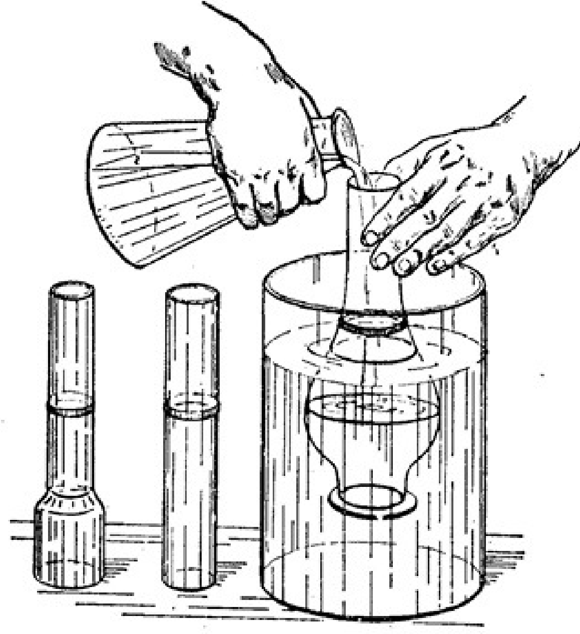
இயற்பியல் படிக்காதவர்களுக்குக் கூடத் திரவங்கள் அவை இருக்கும் பாத்திரங்களின் அடிகளின் மீது கீழ்நோக்கியும், அவற்றின் சுவர்களின்மீது பக்கவாட்டிலும் அழுத்துகின்றன என்பது தெரியும். ஆனால், திரவங்களினால் மேல் நோக்கியும் அழுத்தமுடியும் என்பதைப் பலர் நினைத்துக்கூடப் பார்த்திருக்க மாட்டார்கள். சாதாரண விளக்குக் கண்ணாடியை அல்லது அகலக் குழாயைக் கொண்டு, இதை எளிதில் நிருபிக்கலாம். விளக்குக் கண்ணாடியின் மேல் துவாரத்தை மூடும் அளவிற்கு அகலாமான தட்டு ஒன்றை, தடித்த அட்டையிலிருந்து வெட்டிக் கொள்ளவும். அதனால் கண்ணாடியின் மேல் துவராத்தை மூடி இதை, படம் 53ல் காட்டியிருப்பதைப்போல், நீருள்ள பாத்திரத்தினுள் அமிழ்த்தவும். அட்டைத் தட்ட நகர்ந்துவிடாமலிருக்கும் பொருட்டு இதை ஒருநூலினால் இணைத்துப் பிடித்துக் கொள்ளவும்; அல்லது உங்கள் விரலினாலேயே அதை அழுத்திப் பிடித்துக் கொள்ளவும். கண்ணாடியைப் போதுமான ஆழம்வரை அமிழ்த்திய பின் நூலையோ உங்கள் விரலையோ எடுத்துவிடலாம். தட்டு அப்படியே இருக்கும்; அது மாதிரி இருப்பதற்குக் காரணம், நீர் அதை மேல்நோக்கி அழுத்துவதுதான்.



படம் 53. திரவங்கள் மேல் நோக்கியம் அழுத்தும் என்பதை விளக்கும் எளிய சோதனை

இம்மேல்நோக்கிய அழுத்தத்தை உங்களால் அளக்கவும் முடியும். கண்ணாடியினுள் சிறுகச் சிறுக நீரை ஊற்றவும், கண்ணாடியினுள் இருக்கும் நீரின் மட்டம் வெளிப்பாத்திரத்திலுள்ள நீரின் மட்டத்திற்கு வந்தவுடன், அட்டை தட்டு கழன்று நகர்ந்துவிடும். ஏனெனில் கீழ்ப்பாகத்திலிருந்த தட்டின் மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தத்தை மேற்புறத்திலிருந்து கண்ணாடியின் நீரினால் அதன் மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தம் சமனப்படுத்திவிடுகிறது. அந்நிலையில் கண்ணாடியிலுள்ள நீரின்

உயரமும், வெளிப்பாத்திரத்தினுள் கண்ணாடி அமிழ்ந்திருக்கும் உயரமும் சமமாயிருக்கும்.



படம் 54. பாத்திரத்தின் அடியின்மீது ஒரு திரவம் செலுத்தும் அழுத்தம், அடியின் பரப்பையும் திரவத்தின் உயரத்தையுமே, சார்ந்திருக்கிறது. இதை எப்படிச் சோதிப்பது என்பதைப் படம் காண்பிக்கிறது

திரவம் ஒன்றினுள் அமிழ்ந்தப்பட்ட ஒரு பொருளின் மீது அத்திரவம் செலுத்தும் அழுத்தத்தைப் பற்றியவிதி அத்தகையதாகும். இதன் விளைவாகத்தான் ஒரு பொருள் திரவத்தினுள் அமிழ்த்தப்படும்போது, அதன் எடையில் “இழப்பு” அல்லது “குறைவு” உண்டாகிறது; இந்த எடை இழப்பைப் பற்றியே ஆர்க்கிமிடீஸின் பிரபலமான விதி கூறுகிறது.

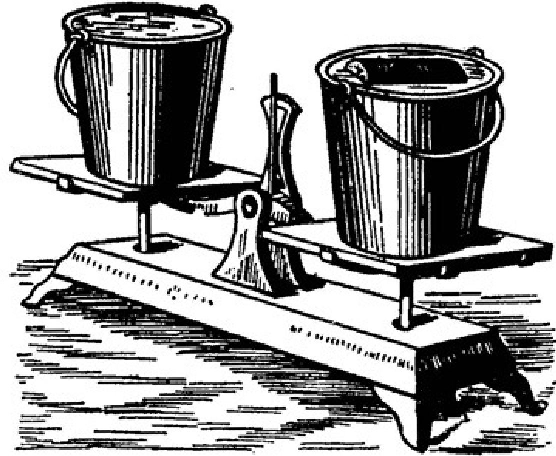
வெவ்வேறு வடிவங்களையுடைய, ஆனால் ஒரே அளவு மேல் வாயுடைய பல விளக்குக் கண்ணாடிகளைக் கொண்ட திரவங்களின் இன்னொரு விதியையும் நீங்கள் சோதிக்கலாம். இவ்விதியாவது; பாத்திரத்தின் அடியின்மீது ஒருதிவரம் செலுத்தும் அழுத்தம் பாத்திரத்தின் அடியின் பரப்பையும் திவத் “தூணின்” உயரத்தையுமே சார்ந்திருக்கிறது; அது பாத்திரத்தின் வடிவத்தைப் பொறுத்தன்று. இவ்விதியைப்

பின்வருமாறு சோதிக்கலாம். வெவ்வேறு விளக்குக் கண்ணாடிகளை எடுத்துக்கொண்டு அவற்றை ஒரே அளவு ஆழத்திற்கு அமிழ்த்தவும். தவறு எதுவும் ஏற்படாமலிருக்கும் பொருட்டு, அடியிலிருந்து சம உயரங்களில் காகிதப்பட்டைகளைக் கண்ணாடிகளின் மீது முதலில் ஒட்டிவிடவும். முதல் பரிசோதனையில் உபயோகிக்கப்பட்ட அட்டை தட்டு ஒவ்வொரு கண்ணாடியிலும் அதே மட்டத்திற்கு நீரை ஊற்றும்போது கழன்று நகர்ந்துவிடும் (படம் 54). எனவே, வெவ்வேறு வடிவங்களுள்ள நீர்த் "தூண்கள்" செலுத்தும் அழுத்தத்தின் அளவு, அவற்றின் அடியும் உயரமும், ஒன்றாயிருக்கும் வரை சமமாகவே இருக்கும். முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டியது உயரமே அன்றி நீளம் அல்ல என்பதை நோக்கவும். ஏனெனில், நீளமான, ஆனால் சாய்வான திரவத் "தூணும்" குட்டையான, ஆனால் சாய்வான "தூணின்" உயரமேயுள்ள செங்குத்தான "தூணும்" அடியின் மீது செலுத்தும் அழுத்தம், இரண்டின் அடிப்பரப்புகளும் ஒரே அளவாயிருக்கும் வரை, ஒரே அளவுடையதாகவே இருக்கும்.

எது அதிக கனமானது?

தராசின் ஒரு தட்டின் மீது விளிம்பு வரைநீர் நிரம்பி வாளி ஒன்றை வைக்கவும். மற்றொரு தட்டின் மீதும் விளிம்பு வரை நீர்நிரம்பியதும், ஆனால் அதனுள் மிதக்கும் ஒருமரத்துண்டுடன் கூடியதுமான வாளியை வைக்கவும் (படம் 55). இவை இரண்டில் எது அதிக கனமுள்ளதாயிருக்கும்? பலரிடம் இதைக்கேட்டபோது ஒன்றுக்கொன்று முரணான விடைகளே கிடைத்தன. நீருடன் கூட மரத்துண்டும் இருப்பதால், மரண்துண்டு இருக்கும் வாளியே அதிக கனமாயிருக்கும் என்று சிலரும், நீரின் எடை பொதுவாக மரத்தினுடையதைவிட அதிகமாயிருப்பதால் மரத்துண்டு இல்லாத வாளியே அதிக கனமுள்ளதாயிருக்கும் என்று வேறுசிலரும் கூறினார்கள். எவர் கூறியதும் சரியில்லை. இரண்டு வாளிகளின் எடைகளும் சமமாகவே இருக்கும். மரத்துண்டு சிறிதளவு நீரை இடம் பெயர்த்துவிடுவதால், முதல் வாளியைவிட இரண்டாவது வாளியில் நீர் குறைவாயிருக்கும் என்பது உண்மையே. ஆனால் இது சம்பந்தமான விதிப்படி மிதக்கும் பொருள் ஒவ்வொன்றும் தான் மூழ்கியிருக்கும் பகுதியினால் இப்பொருள் முழுவதன் எடைக்குச் சமமான அளவு திரவத்தை இடம் பெயரச் செய்கிறது. எனவேதான் தராசின் தட்டுகள் சமநிலையில் இருக்கின்றன.

இன்னொரு கணக்கிற்கு இப்போது விடை கண்டுபிடிக்க முயலுங்கள். நீர் கொண்ட கண்ணாடிப் பாத்திரம் ஒன்றைத் தராசின் ஒரு தட்டின் மீதுவைத்து, அதன் பக்கத்தில் ஏதாவதொரு எடைக்கல்லை வைக்கவும். மற்றொரு தட்டில் எடைக்கற்களைப் போட்டுத் தராசை சமநிலைப்படுத்தவும். பிறகு பாத்திரத்திற்குப் பக்கத்தில் உள்ள எடைக்கல்லை எடுத்து, நீர் கொண்ட பாத்திரத்திற்குள் போடவும். தராசின் தட்டுகளுக்கு என்ன நேருகிறது? ஆர்க்கிமிடீ விதியின்படி, அந்த எடைக்கல்லின் எடை, தட்டின் மீது இருந்ததைவிட நீரினுள் இருக்கும்போது குறைவாயிருக்க வேண்டும். எனவே, அந்தத் தட்டு எழுப்ப வேண்டாமா? எனினும், தட்டுகள் இரண்டும் சமநிலை யிலேயே இருக்கின்றன. ஏன்? அவ்வெடைக்கல்லைப் பாத்திரத்திற்குள் போட்டவுடன் அதனால் சிறிதளவு நீர் இடம் பெயர்ந்தது; எனவே, முன்பிருந்ததைவிட இப்போது பாத்திரத்தில் இருக்கும் நீரின் நிலை உயர்கிறது. பாத்திரத்தின் அடியின்மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தம் இதனால் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே, அந்த எடைக்கல்லின் எடையில் ஏற்படும் குறைவுக்குச் சமமான அதிக்கப்படியான சக்தி பாத்திரத்தின் அடியின்மீது செலுத்தப்பட்டு அழுத்தத்தை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. ஆகவே அந்த எடைக்கல் இழந்த எடைக்குச் சமமான அதிகப்படியான சக்தி பாத்திரத்தின் அடியின் மீது செயல்படுகிறது.



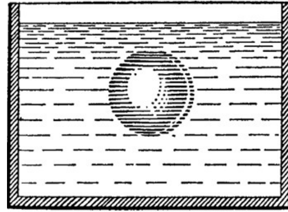
படம் 55. இரண்டு வாளிகளிலும் விளிம்புவரை நீர் உள்ளது. ஒன்றில் ஒரு மரத்துண்டு மிதக்கிறது. எது அதிக கனமானது?

திரவத்தின் இயற்கையான வடிவம்

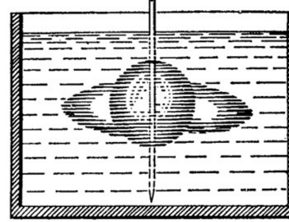
திரவங்களுக்கு அவற்றிற்கே இயற்கையாக உரித்தான வடிவம் கிடையாது என்று நினைக்கவே நாம் பழகியிருக்கிறோம். ஆனால் அது உண்மையல்ல.

எந்தத் திரவத்தினுடைய இயற்கையான வடிவமும் கோள வடிவமானது. பொதுவாக, திரவங்கள் இவ்வடிவத்தை அடைவதை ஈர்ப்பு தடுக்கிறது. திரவம் பாத்திரத்திலிருந்து வெளியே சிந்தினால், அது மெல்லிய படலமாகப் பரவுகிறது; இல்லாவிட்டால், அதுவைக்கப்பட்டிருக்கும் பாத்திரத்தின் வடிவை பெறுகிறது. அதே ஒப்பு அடர்த்தி உள்ள இன்னொரு திரவத்தினுள் அதை வைத்தால், ஆர்க்கிமிடீ விதியின்படி அது தனது எடையை "இழக்க" வேண்டும்; அதாவது அதன் எடை ஒன்றுமேயில்லாதது போல் தோன்றும். அப்போது அதன்மீது ஈர்ப்பினால் எவ்விளைவையும் உண்டாக்க முடிவதில்லை. ஆகவே அது தனக்கு இயற்கையான கோளவடிவைப் பெறுகிறது.

நீரில் ஆலிவ் எண்ணெய் மிதக்கிறது; ஆனால், ஆல்கஹாலில் (சாராயத்தில்) அது அமிழ்ந்துவிடுகிறது. எனவே அவ்வெண்ணெய் மிதக்காமலும் அமிழ்ந்து போகாமலும் இருக்கும்படியான கரைசலை நீரையும் ஆல்கஹாலையும் தக்க விகிதங்களில் கலக்கித் தயாரிக்க முடியும். ஒரு துளி எண்ணெயை



படம் 56. நீர்க்கப்பட்ட ஆல்கஹாலினுள் எண்ணெய் அமிழாமலும் மிதக்காமலும் ஒரு துளியாகத் திரளுகிறது.



படம் 57. ஆல்கஹாலினுள் இருக்கும் எண்ணெய்த் துளியை ஒரு கம்பியினால் சுழற்றினால் இதிலிருந்து ஒரு வளையம் ஏற்படுகிறது.

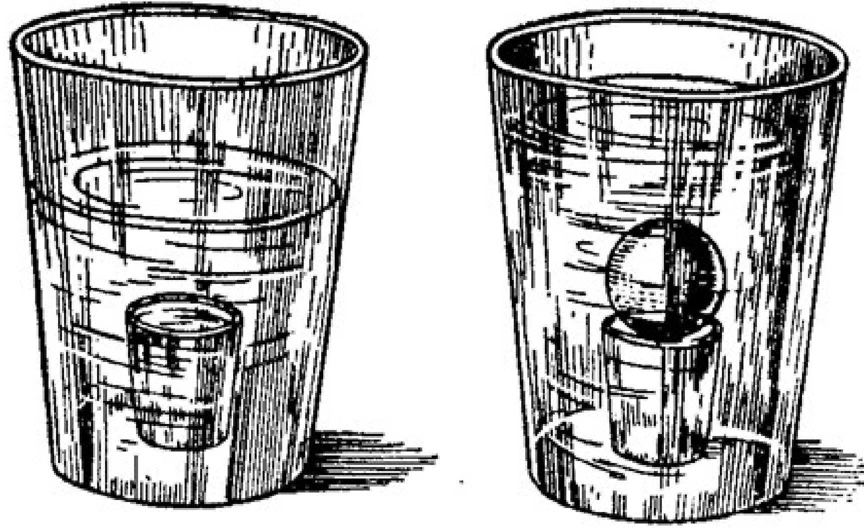
அதில்விடும்போது ஒருவிசித்திரமான நிகழ்ச்சி ஏற்படுகிறது. அந்த எண்ணெய் உருண்டையான பெரியதொரு துளியாகத் திரண்டு மிதக்காமலும் அமிழராமலும் அப்படியே தொங்கவிடப்பட்டதுபோல் இருக்கிறது (படம் 56). கோளத்தின் உண்மையான வடிவத்தை அடைவதற்கு இப்பரிசோதனையைத் தட்டையான சுவர்களுள்ள பாத்திரத்தில் செய்ய வேண்டும். அல்லது பாத்திரம் எந்த

வடிவத்திலிருந்தாலும், நீர் நிரம்பிய தட்டையான கூர்களுள்ள பாத்திரத்தினுள் அது வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

இப்பரிசோதனையைப் பொறுமையுடனும் கவனத்துடனும் செய்ய வேண்டும்; இல்லாவிடில், பெரிய ஒரு துளிக்கு பதிலாக பல சிறிய துளிகள் தோன்றிவிடும். அது சரியாக வரவில்லையென்றால் சோர்வடைய வேண்டும்; அப்போது கூட அப்பரிசோதனையிலிருந்து வேண்டிய அளவு நாம் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

பரிசோதனையை இப்போது தொடரலாம். நீண்ட குச்சி ஒன்றையோ கம்பி ஒன்றையோ எடுத்துக் கொண்டு, அதை எண்ணெய்த் துளியினூடே பாய்ச்சிச் செலுத்தவும். பிறகு, அதைச் சுழற்றத் தொடங்கவும். இச்சுழமுற்சியில் எண்ணெய்த் துளியும் பங்கெடுத்துக் கொள்ளுகிறது. குச்சி அல்லது கம்பியில் எண்ணெயில் நனைக்கப்பட்ட சிறிய அட்டைத்தட்டு ஒன்றை இணைத்து, நீங்கள் சுழற்றும் எண்ணெய்த் துளியினுள் அதை முழுமையாக நுழைந்தால் பரிசோதனை மேலும் சிறந்தமுறையில் வெற்றிபெறும், சுழற்சியினால் எண்ணெய்த் துளி அமுக்கப்பட்டு, சில வினாடிகளுக்குப்பிறகு அதிலிருந்து ஒரு வளையம் ஏற்படுகிறது (படம் 57). வளையம் உடையும்போது, அதிலிருந்து புதிய உருண்டைத் துளிகள் உண்டாகி, நடுவிலுள்ள துளியைத் தொடரந்து சுற்றிக் கொண்டேயிருக்கின்றன.

பெல்ஜியத்தைச் சேர்ந்த பிளாட்டோ என்னும் இயற்பியல் அறிஞர்தாம் மேலே குறிப்பிட்ட அறிவூட்டும் பரிசோதனையை முதன்முதலில் செய்தார். இதே பரிசோதனையை மற்றோர் எளிதான முறையிலும் செய்யலாம் - அதுவும் மேலே குறிப்பிட்ட முறையைப் போன்றே அறிவூட்டுவதாக இருக்கும். ஒருசின்ன டம்பளரை எடுத்து, இதை நீரினால் நன்றாகக் கழுவியபின், இதில் ஆலிவ் எண்ணெயை ஊற்றவும். இன்னொரு பெரிய டம்ளரின் அடியின் மீது இதை வைக்கவும்.



படம் 58. எளிமையாக்கப் பட்ட ப்ளாட்டோவின் பரிசோதனை.

கவனத்துடன் சின்ன டம்ளரை மூடும் வரை பெரிய டம்ளரில் போதி அளவு ஆல்கஹாலை ஊற்றவும். படிப்படியாக ஒரு சின்னக் கரண்டியினால் சிறிதளவு நீர் சேர்க்கவும். நீர்பெரிய டம்ளரின் சுவர்களின் மீது வழிந்து செல்லும்படி இதைக் கவனமாகச் செய்யவும். சின்ன டம்ளரில் இருக்கும் எண்ணெயின் மேற்பகுதி உருண்டையாகப் பருக்கத் தொடங்குகிறது. போதுமான அளவுக்கு நீரை ஊற்றியவுடன், எண்ணெய் சின்ன டம்ளரிலிருந்து பெரியதொரு துளிபோல் எழும்பி, ஆல்கஹால், நீர் இவற்றின் கலவையினுள் தொங்கிக் கொண்டு நிற்கிறது (படம் 58).

ஆல்கஹால் இல்லாவிட்டால் அனிலீன் என்ற திரவத்தைப் பயன்படுத்தலாம். அறையின் வெப்பநிலையில் அனிலீன் திரவம் நீரைவிடக் கனமானது; ஆனால், 750-850 சென்டிகிரேடுக்குச் சூடாக்கப்பட்டால் நீரைவிட இலேசாகிவிடுகிறது. நீரைச் சூடாக்கி, இதனுள் அனிலீன் மிதந்து ஒரு பெரிய உருண்டைத் துளியின் வடிவத்தை அடையுமாறு செய்துவிடலாம். அறையின் வெப்பநிலையில் சாதாரண உப்புக்கரைசலில் அனிலீன் துளையைத் தொங்கச் செய்யவும் முடியும். மற்றொரு வசதியான திரவம் கருஞ்சிவப்பு நிறமுடைய ஆர்த்தட்டொலுயிடின் என்பதாகும். 240 சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையில் இதன் அடர்த்தி, உப்பு நீரின் அடர்த்திக்குச் சமமாயிருக்கும்; எனவே, உப்பு நீரில் இதை ஊற்றி மேற்குறிப்பிட்ட பரிசோதனையைச் செய்யலாம். (1963ம் ஆண்டில், சோவியத் விண்டவெளி வீரர்கள் நிக்கலாயெவ், பப்போவிச் ஆகியோர் “வஸ்தோக்-3”, “வஸ்தோக்-4” ஆகிய

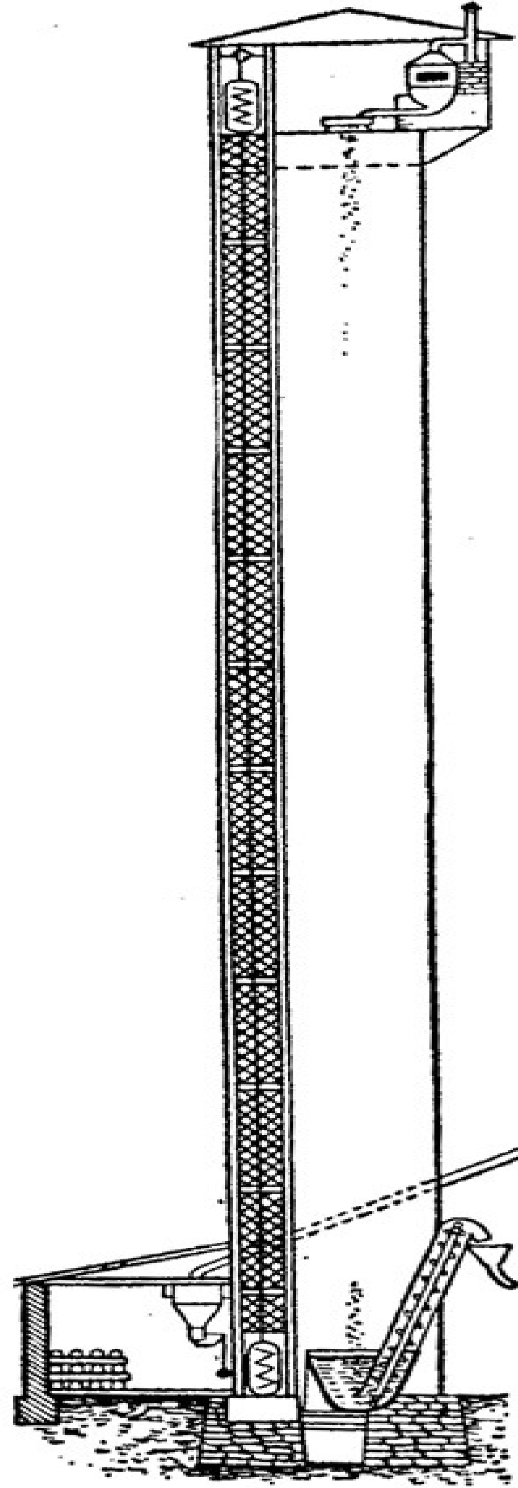
அண்டவெளிக் கப்பல்களில் கூட்டுப்பறத்தலை நடத்தியபோது, எடையற்ற நிலையில் திரவங்கள் எவ்விதம் பாதிக்கப்படுகின்றன என்பது பற்றி பல பரிசோதனைகளை நடத்தினர். அவற்றின் சில விளைவுகள் எதிர்பாராதனவாய் இருந்தன. உதாணரமாக, உருண்டையான பாத்திரத்தினுள் உள்ள திரவம் எதிர்பார்த்ததுபோல் அதன் மத்தியில் கோளரூபத்தில் இருக்கவில்லை; மறாறாக, பாத்திரத்தின் உள்புறச் சுவர்களின் மேல் படர்ந்திருந்தது உள்மத்தியில் வெறும் காற்றுக் குமிழிதான் இருந்தது. நீர்காற்று எல்லைப் பரப்பின் விஸ்தீரணம் மிக அற்பமானது என்பதைக் கருத்தில் கொண்டால் திரவம் ஏன் இவ்வாறு நடந்து கொண்டது என்பது எளிதில் விளங்கிவிடும்.)

துப்பாக்கி ரவை ஏன் உருண்டையாக இருக்கிறது?

எந்தத் திரவத்தின் மீதும் ஈர்ப்பு செயல்படுகிறது நின்றுவிட்டால், அது தனது இயற்கையான கோள வடிவத்தை அடையும் என்பதை முன்னரே குறிப்பிட்டிருக்கிறேன. கீழே விழுந்து கொண்டிருக்கும் பொருளுக்கு எடையில்லை என்பதையும் அது கீழே விழத் தொடங்கும்போது உண்டாகும் வளிமண்டலத்தின் தடை புறக்கணிக்கக்கூடிய அளவிற்கு அற்பமானது என்பதையும் நினைவில் வைத்துக்கொண்டால், கேீழவிழும் திரவத்துளி கோள வடிவத்தையே அடைய வேண்டும் என்பதைப் புரிந்து கொள்ளலாம். (மழைத் துளிகளுக்கு, அவை விழத் தொடங்கும்போது மட்டுமே வளர்வேகம் இருக்கிறது; முதல் வினாடியின் பிற்பகுதியிலேயே வீழ்ச்சி *சீராக* ஆகிவிடுகிறது. துளியின் எடை, விழும் துளியின் வேகத்துடன்கூட அதிகரிக்கும் வளிமண்டலத் தடையினால் ஈடு செய்யப்பட்டுவிடுகிறது).

கீழே விழும் மழைத் துளிகள் உண்மையிலேயே உருண்டையாகவே இருக்கின்றன. ஈயத்தை உருக்கி, அத்திரவத்தை மிகுந்த உயரத்திலிருந்து சொட்டுச் சொட்டாகக் கீழேயிருக்கும் குளிர்ந்த நீர்த்தொட்டியினுள் விழும்படிச் செய்தால், அச்சொட்டுகள் உறைந்து திட்டமான கோளங்களாகின்றன. இவையே துப்பாக்கி ரவைகள் என்படுகின்றன. இவற்றைத் தயாரிக்கும் போது உயரமான கோபுரத்தின் மேலிருந்து (படம் 59) இவற்றை விழும்படிச் செய்வதால், அது “கோபுரக்குண்டு” என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. 45 மீட்டர் உயரமுள்ள இக்கோபுரங்கள் உலோகத்தினால் கட்டப்பட்டவை. உச்சியில் ஈயத்தை உருக்குவதற்கான கொதிகலங்களும் உருக்கிய, ஈயத்தைச் செட்டுச்சொட்டாக வெளிப்படுத்தும் கலமும், கீழே நீர்த்தொட்டியும் உள்ளன. தயாரான

துப்பாக்கி ரவைகளைத் தரப்படுத்தி சீராக்குகின்றனர். உருகிய ஈயத் திரவத் துளி



படம் 59. துப்பாக்கி
ரவைகள் தயாரிக்கும்
கோபுரம்

விழும்போதே உறைந்து விடுகிறது. அடியின் மீது அதுவிழும் போது ஏற்படும் தாக்கின் தீவிரத்தைக் குறைப்பதற்கும், தனது கோள வடிவத்தை அது இழந்துவிடாமலிருப்பதற்குமே நீர்த் தொட்டி வைக்கப்படுகிறது. (துப்பாக்கி குண்டுகள் எனப்படும் 6 மீட்டருக்கு மேற்பட்ட விட்டமுடைய குண்டுகள் வேறு முறையில் தயாரிக்கப்படுகின்றன; கம்பிகளைத் துண்டாக்கி, அத்துண்டுகள் பந்துபோல் உருட்டப்படுகின்றன.)

"அளவின்றிப் பிடிக்கும்" கோப்பை

மதுவருந்தும் கண்ணாடிக் கோப்பையில் விளிம்பு வரை நீரை நிரப்பவும், சில குண்டூசிகளை எடுத்துக் கொள்ளவும் இரண்டு குண்டூசிகளுக்காவது இப்போது கண்ணாடிக் கோப்பையில் இடம் இருக்குமா? முயன்று பார்ப்போம்.

குண்டூசிகளை எண்ணி ஒவ்வொன்றாய்க் கோப்பையினுள் போடவும். கவனமாய்ப் போட வேண்டும். குண்டூசியின் தலைப்பகுதியைப் பிடித்துக் கொண்டு அதன் நுனியை நீருக்குள் செலுத்தவும்; பிறகு அசங்காமலும் எவ்வகையிலும் அழுத்தாமலும் பிடியைத் தளர்த்தித் தண்ணீர் தளும்பாதபடி ஊசியை மெல்லவிடுங்கள். குண்டூசிகள் ஒவ்வொன்றாய்க் கோப்பையின் அடிக்கச் செல்கின்றன; ஆனால், நீரின் மட்டம் மாத்திரம் அப்படியே இக்கிறது. முதலில் பத்து பிறகு இன்னொது பத்து, பின்னர் மற்றுமொரு பத்து என்று குண்டூசிகளைப்போட்டுக் கொண்டே இருங்கள். நீர் வெளியே தளும்புவதில்லை. நூறு குண்டூசிகள் அடியில் சேரும் வரை நீங்கள் போட்டுக் கொண்டே போகலாம். அப்போதும் நீர் வெளியே விளிம்புக்கு மேல் தென்படக்கூடிய அளவிற்குக்கூட நீர்மட்டம் உயருவதில்லை. வழிவதில்லை (படம் 60). விளிம்புக்கு மேல் தென்படக்கூடிய அளவிற்குக்கூட நீர்மட்டம் உயருவதில்லை.



படம் 60. கண்ணாடிக்
கோப்பையில் எத்தனை
குண்டூசிகளைப்
போடலாம்?

மேலும் சில குண்டூசிகளைப் போடவும், இது போல் நூற்றுக்கணக்கான குண்டூசிகளைப் போடலாம். 400 குண்டூசிகள் இருந்தாலுங்கூட, நீர் தளும்பாமல் இருக்கும். ஆயினும், நீரின் பரப்பு இப்போது விளிம்புக்கு மேல் உப்பிக் கொண்டு வருவதை பார்க்கலாம். அதில்தான் இது வரை விளங்காத இந்த நிகழ்ச்சிக்கு விடை இருக்கிறது. கண்ணாடியில் சிறிதளவுக்காவது எண்ணெய்ப் பசை இருந்தால் நீர் அதை நனைப்பதில்லை. கோப்பையிலும் நாம் உபயோகிக்கும் பீங்கான், கண்ணாடிப் பாத்திரங்கள் அனைத்திலும் - விளிம்பில் நமது விரல்களினால் அவற்றைத் தொடுவதால் சிறிதளவுக்காவது எண்ணெய்ப் பசை இருக்கும். எனவே நீர் அதன் விளிம்பை நனைப்பதில்லை; ஆதலால் குண்டூசிகளினால் இடம் பெயர்ந்த நீர் உப்புகிறது. எனினும் உங்காளல் அதை அனேகமாகக் காண முடிவதில்லை. ஆனால் ஒரு

குண்டூசியின் கனபரிமாணத்தைக் கணக்கிட்டு, விளிம்புக்குமேல் உப்பி நிற்கும் நீரின் கனபரிமாணத்துடன் அதை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், குண்டூசியின் கனபரிமாணம் உப்பிநிறிகும்நீரின் கனபரிமாணத்த விட நூற்றுக் கணக்கான மடங்கு சிறியது என்பது தெரியும்; "முழுவதும்" நிரம்பிய கோப்யையாயினும் இன்னும்சில நூறு குண்டூசிகளுக்குக்கூட இடம் இருப்பதற்குக்காரணம் இதுதான்.

கோப்பையினுடைய வாயின் அகலம் அதிகமாயிருக்க, அதில் அதிகக் குண்டூசிகைளப் போடலாம்; ஏனெனில், உப்பி நிற்கும் நீரின் கனபரிமாணமும் அதிகமாயிருக்கும். தோராயமானக் கணக்கிட்டால், இவ்விவரம் மேலும் தெளிவாக விளங்கும். குண்டூசியின் நீளம் சுமார் 25 மி.மீ.; அதன் தடிமன் அறை மில்லிமீட்டர். எனவே நமக்கு பழக்கமான வடிவ கணிதச் சூத்திரத்தைக் (--------) கொண்டு, அதன் கனபரிமாணத்தைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்; அது 5 கனமில்லி மீட்டர் ஆகிறது. தலையுடன் கூட அதன் மொத்த கனபரிமாணம் 55 கன மி.மீ.க்கு மேல் போகாது. உப்பித் நிற்கும் நீரின் பரிமாணத்தைக் கணக்கிடலாம். கோப்பையின் வாயின் அகலம் 9 செ.மீ. அல்லது 90 மி.மீ. எனவே அவ்வட்டத்தின் பரப்பு கிட்டத்தட்ட 6,400 கன மி.மீ. ஆகிறது. அதாவது குண்டூசியின் கனபரிமணத்தை விட 1,200 மடங்கு அதிகமானது. எனவே, "முழுவதும்" நிரம்பிய ஒரு கோப்பையில் ஆயிரத்திற்கு மேற்பட்ட குண்டூசிகளைப் போடலாம் எனத் தெரிகிறது! உண்மையில், நாம் போதிய அளவுக்குக் கவனமாக இருந்தால், ஆயிரம் குண்டூசிகளையும் மதுக் கோப்பையினுள் போட்டுவிடலாம். பார்ப்பதற்குக் கோப்பை முழுவதையும் அவை அடைத்துக் கொண்டிருப்பதுபோல -சற்று வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருப்பது போலகூடத் - தோன்றும். ஆனால், அபோதும் நீர் வெளியே தளும்புவதில்லை.

அருவருப்பான ஓர் இயல்பு

மண்ணெண்ணெய் விளக்கைப் பயன்படுத்துபவர் களுக்கு, அது தரும் எதிர்பாராத தொல்லைகள் தெரிந்திருக்கும். விளக்கின் கொள்கலத்தில் எண்ணெயை நிரப்பி, வெளிப்புறம் அதை நன்கு துடைத்து வைக்கிறீர்கள். ஒருமணிநேரம் கழித்துப் பார்த்தால், அதன் மேற்பகுதி மீண்டும் ஈரமாயிருக்கிறது. ஒருவேளை நீங்கள், திரி இருக்கும் பகுதியைச் சரியாகத் திருகியிருக்க மாட்டீர்கள். மேலே திரிக்குவரும் எண்ணெய் கசிந்திருக்கலாம். அத்தகைய எதிர்பாராத தொல்லைகளைத் தவிர்ப்பதற்கு, திரி இருக்கும் பகுதியைக் கெட்டியாகத் திருக வேண்டும். ஆனால்

அதைச் செய்யும் போது விளக்கின் கொள்கலத்தில் விளிம்புவரை எண்ணெய் இல்லாமல் பார்த்துக் கொள்ளுங்கள். சூடு ஏறும்போது, எண்ணெய் கணிசமாய் விரிவடைகிறது - வெப்பநிலை 100' அளவு உயரும் போது எண்ணெயின் கனபரிமாணம் பத்தில் ஒரு பங்கு அதிகரிக்கிறது. எனவே கொள்கலம் வெடிக்காதிருக்க வேண்டுமானால், மண்ணெண்ணெய் விரிவடைவதற்குச் சிறிது இடம் விட்டு வைக்க வேண்டும்.

மண்ணெண்ணெயையோ, பெட்ரோலையோ எரிக்கும் இஞ்சின்கள் உள்ள கப்பல்களில் மண்ணெண்ணெயின் கசியும் இயல்பு மிகத் தொல்லை விளைவிக்கிறது. தக்க முன்னேற்பாடுகள் செய்யாவிட்டால், அக்கப்பல்களின் மண்ணெண்ணெயைத் தவிர வேறு எந்தச் சரக்கும் ஏற்றிச் செல்ல முடியாது. ஏனெனில், கொள்கலங்களில் இருக்கும் கண்ணுக்குப் புலப்படாத இடுக்குகளின் வழியாக இவ்வெண்ணெய்கள் கசியும்போது, கொள்கலங்களின் உலோகப் பரப்புகளில் மட்டுமின்றி, எல்லா இடங்களிலுமே இவை பரவுகின்றன; அந்த வீச்சத்தைப் போக்குவதற்கு எதனாலும் முடிவதில்லை. எண்ணெயைப் பற்றிப் பின்வருமாறு எழுதியிருக்கிறார்:

இத்தொல்லையை ஒழிப்பதற்கான முயற்சிகள் எவையும் வெற்றி பெறவில்லை என்றே சொல்லக்கூடும். பிரபல பரிட்டிஷ் நகைச்சுவை ஆசிரியரான ஜெரோம். கே. ஜெரொம் தாம் எழுதிய படகில் சென்ற மூவர் என்னும் நூலில் மண்ணெண்ணெயைப் போலவேயுள்ள 'பாரபின்' எண்ணெயைப் பற்றிப் பின்வருமாறு எழுதியிருக்கிறார்:

"பாரபின்" எண்ணெய் கசிய நேரும் அனுபவம் இல்லாதவன் நான். படகின் முன்பகுதியில் அதை வைத்திருந்தோம். அங்கிருந்து சுக்கான் வரை அது கசிந்து பரவியது. படகு பூராவும், வழியில் இருந்த அனைத்திலும் அது ஊடுருவிச் சென்றுவிட்டது. ஆற்றிலும் அது கசிந்து பரவி, சுற்றிலும் தென்பட்ட யாவற்றிலும் அதன் வீச்சம் நிரம்பிவிட்டது. வளி மண்டலத்தையும் கெடுத்தது. சில சமயம் எண்ணெய் நாற்றம் நிரம்பிய மேல்காற்றும் வேறு சில சமயம் கீழ்காற்றும், இன்னும் சில சமயம் வாடைக் காற்றும் அடித்தன; தென்றல் பனியிலிருந்து வந்ததாயிருந்தாலும் சரி, பாலைவனத்தின் மீதிருந்து வந்ததாயிருந்தாலும் சரி, காற்றிலே பாரபின் எண்ணெயின் மணம் நிறைந்திருந்தது.

"அவ்வெண்ணெய் கசிந்து உயர்தெழுந்து சூரியா அதமானத்தையும் கூட கெடுத்தது; சந்திரனின் கதிர்களை எடுத்துக் கொண்டால், நிச்சயமாக

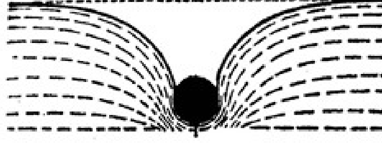
அவையும் பாரபின் மணம் நிறைந்தே வீசின...

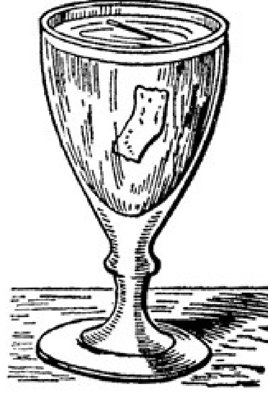
"பாலத்திற்கருகில் படகை விட்டுவிட்டு அந்நாற்றத்திலிருந்து தப்புவதற்காக நகருக்குள் நடந்தோம்; ஆனால், அப்போதும் அது எங்களைப் பின்தொடர்ந்தது. நகர் முழுவதும் எண்ணெய் நாற்றம்தான் வீசிற்று." (உண்மை என்னவென்றால் பிரயாணிகளின் உடைகளிலிருந்து தான் இந்த வீச்சம் எழுந்தது.)

கொள்கலங்களின் மேற்பரப்புகளை நனைக்கும் மண்ணெண்ணெயின் இவ்வியல்பைக் கண்டு, உலேகாத்தினூடும் கண்ணாடியினூடும் அதனால் செல்ல முடியும் என்று மக்கள் தவறாகக் கருதுவதுண்டு.

நீரிலே மிதக்கும் காசு

மாயாஜாலமல்ல, மெய்யாகவே நடைபெறுவதுதான் என்பதை சில எளிய பரிசோதனைகளைக் கொண்டு விளக்க முடியும். முதலில் ஒருசிறு பொருளை - எடுத்துக்காட்டாக ஓர் ஊசியை மிதக்கவிட்டுப் பார்க்கலாம். எஃகினாலான ஊசி ஒன்றை மிதக்கச் செய்வது இயலவே இயலாது என்று தோன்றுகிறது அல்லவா? ஆனால் அது அவ்வளவு கடினமானதன்று. ஒரு கண்ணாடிக் கோப்பையிலுள்ள நீரின் பரப்பின் மீது சிகரெட் தாள் ஒன்றை வைத்து, பிறகு ஈர பசை சிறிதும்





படம் 61. மிதக்கும் ஊசி. மேலே: 2 மி.மீ. தடிமனுள்ள ஊசியின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றமும் (இரு மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்டது). கீழே: காகிதத்தைப் பயன்படுத்தி ஊசியை மிதக்கச் செய்யும் முறை.

இல்லாத ஊசியை அதன்மீது வைக்கவும். கவனமான சிகரெட்தாளைப் பின்வரும் முறையில் அகற்றிவிடவும். மற்றொரு ஊசியையோ குண்டூசியையோ கொண்டு மெல்லமெல்லத் தாளை. விழிம்புகளிலிருந்து தொடங்கி நடுப்பகுதிவரை, அமிழ்த்தவும். தாள் நன்றாக நனைந்தபின் அது அமிழ்ந்துவிடும். ஆனால் ஊசி மட்டும் தொடர்ந்து மிதந்து கொண்டிருக்கும் (படம் 61) கோப்பைக்கு வெளியிலிருந்து நீர்மட்டத்தில் ஒரு காந்தத்தை அசைத்து, மிதக்கும் ஊசியைச் சுழலும் படியாகவும் செய்யலாம்.

சிறிது அனுபவம் கிடைத்தபின் காகிதத்தாள் இல்லாமலேயே இதைச் செய்ய முடியும். நீங்கள் செய்ய வேண்டியதெல்லாம், ஊசியை அதன் நடுப்பகுதியில் நீர் மட்டத்திற்கு இணைவாய்ப் பிடித்துக் கொண்டு நீர்ப்பரப்பிற்கு அருகிலிருந்து அதை மெல்ல விட்டுவிட வேண்டியதுதான்.

2 மி.மீக்கு மேற்படாத தடிமனுள்ள குண்டூசி, இலேசான பொத்தான் வேறு எந்தத் தட்டையான சிறிய உலோகப் பொருள் - எதை வேண்டுமானாலும் இவ்வாறு மிதக்கச் செய்ய முடியும். இதைச் செய்யும் திறமை வந்தபின் காசையும் மிதக்கச் செய்ய முயற்சி செய்யலாம்.

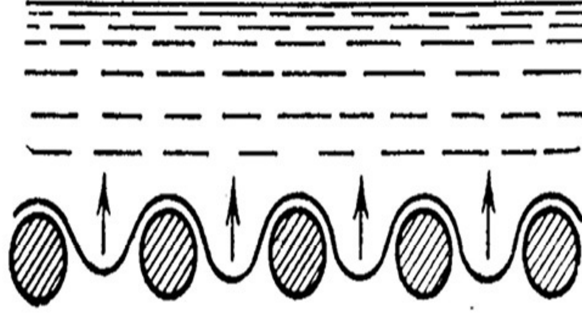
நமது கைகளிலிருந்து எண்ணெய்ப் பிசுக்கு இந்த உலோகப் பொருள்களின்மீது மெல்லிய படலாமாய் ஒட்டிக் கொள்கிறது. அத்தகைய பொருள்களை நீர்நனைப்பதில்லை. எனவேதான் அவை மிதக்கின்றன. மிதக்கும் ஊசி நிர்ப்பரப்பின்மீது உண்டாக்கும் குழிவைக்கூட நீங்கள் பார்க்க முடியும். சவ்வு போலப் பழைய நிலையை அடைய முயலும். நீர்ப்பரப்பானது ஊசியை மிதக்கச் செய்கிறது; ஊசியினால் இடம் பெயர்ந்த நீரின் எடைக்குச் சமமானதொரு சக்தியும் அதன்மீது மேல் நோக்கிய அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது. ஊசி ஒன்றை மிதக்கச் செய்வதற்கான மிகச் சுலபமான வழி, அதன் மீது சிறிது எண்ணெய் பப்சையைத் தடவுவதுதான். அவ்வாறு செய்தால் அது ஒருபோதும் அமிழாது.

சல்லடையில் நீர் எடுத்துச் செல்லலாம்

இதுவும் மாயாஜலமல்ல. பார்ப்பதற்கு முடியாதது போல் தோன்றினாலும், இயற்பியலின் துணை கொண்ட இதைச் செய்ய முடியும். 15செ.மீ குறுக்களவும் 1 மி.மீக்குக் குறையாக விட்டமுடைய துவராங்களும் உள்ள கம்பிச் சல்லடை ஒன்றை உருகிய பாரபினில் நனைத்து கண்ணுக்குப் புலப்படாத மெல்லிய படலம் அதன் படியும்படிச் செய்யவும்.

உங்கள் சல்லடை இப்போதும் சல்லடையாகவே இருக்கிறது: குண்டூசி தாராளமாகச் செல்லக்கூடிய துவாரங்கள் அதில் இன்னமும் உள்ளன. ஆனால் இந்தச் சல்லடையில் நிங்கள் நீரை - மிகுதியாக அளவில்கூட - எடுத்துச் செல்லலாம். நீரை ஊற்றும்போது மட்டும் சல்லடை குலுங்காமலும் அதிராமலும் இருக்கும்படி கவனமாகப் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

நீர் ஏன் கீழே சொட்டுவதில்லை? நீரினால் பாரபினை நனைக்க முடியாது. சல்லடைக் கண்களுக்கிடையே இருக்கும் நீர்ப்படலம் உப்பி நிற்கிறது. இந்நீர்ப்படலம்தான் நீரைக் கீழே சொட்ட விடாமல் இன்னும் அதிகமாகவும் வைத்துக் கொண்டிருக்கிறது. (படம் 62). மெழுகு பூசப்பட்ட இச்சல்லடை



படம் 62. சல்லடையில் நீர் நிற்பது எப்படி?

செய்யும். அதாவது இதை நீர் எடுத்துச் செல்ல மட்டுமின்றி படகாகவும் கூட உபயோகிக்கலாம்.

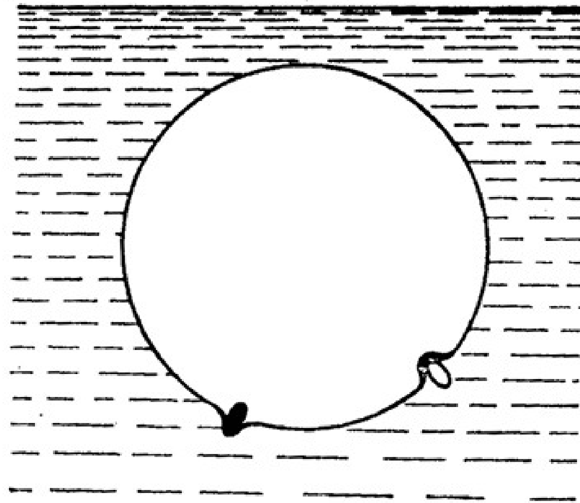
நாம் பார்த்துப் பார்த்துப் பழகிப் போனபடியால் சிந்திக்காமலே இருந்து வரும் பலவற்றுக்குமான விளக்கத்தை இந்த அதிசயத் சோதனை நமக்குப் புலப்படுத்துகிறது. பீப்பய்களுக்கும் படகுகளுக்கும் தார் பூசுவதும் தக்கை மூடிகளுக்கும் அடைப்பான்களுக்கும் மெழுகு பூசுவதும், கூரைகளுக்கு எண்ணெய் வர்ணம் பூசுவதும், துணிக்கு ரப்பர்ப்பூச்சு பூசுவதும், பொதுவாக நீர்புகாமல் இருப்பதற்காக எண்ணெய்ப்பொருள்கள் பூச்சளிப்பதும் நாம் விவரித்த சல்லடையைப் போன்றதாக்குவதே ஆகும். ஒரேயொரு வித்தியாசம் நீர் புகாத சல்லடை மிகவும் விசித்திரமான ஒன்றாகத் தோன்றுகிறது, அவ்வளவுதான்!

இஞ்சீனியர்களுக்கு உதவும் நுரை

எஃகு ஊசியையோ செப்புக் காசையோ மிதக்கச் செய்யும் பரிசோதனை, தாதுக்களை “வளப்படுத்துவதற்கு” அதாவது அவற்றிலுள்ள பயனுள்ள கனிமங்களின் சதவீத அளவை அதிகரிக்கச் செய்வதற்குச் சுரங்கத்தொழிலில் பயன்படுத்தப்படும் முறையைப் பெருமளவிற்கு ஒத்திருக்கிறது. தாதுக்களைச் செப்பம் செய்வதற்கு (வளமாக்குவதற்கு) இஞ்சினியர்களுக்கப் பல வழிகள் தெரியும். “மிதப்பு முறை” எனப்படுவதே அனைத்திலும் சிறந்தது; பிற முறைகள் எல்லாம் பயனற்றுப் போனாலுங்கூட, இது வெற்றி தரும்.

“மிதப்பு முறை” என்பது பின்வருமாறு: சன்னப் பொடி ஆக்கப்பட்ட தாது, நீரும் எண்ணெய்ப் பொருள்களும் நிறைந்த தொட்டியில் போடப்படுகிறது. கனிமத் தூள்கள் நீரில் நனைய முடியாதபடி இந்த

எண்ணெய்ப் பொருள்கள் ஒரு மெல்லிய படலத்தினால் அவற்றை மூடிவிடுகின்றன. பின்னர், காற்று அதனுள் ஊதப்படுகிறது. அதன் விளைவாக, ஏராளமான சிறிய குமிழிக



படம் 63. மிதப்பு முறையின் கோட்பாடு

ளாலான, நுரை உண்டாகிறது. காற்று நிறைந்த 'பலூன்' அதனோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைச் சுமந்து கொண்டு மேலே கிளம்புவது போன்றே காற்றுக் குமிழிகள் அவற்றோடு ஒட்டியுள்ள எண்ணைப் பசையுடன் கூடிய கனிமத் துகள்களைச் சுமந்துகொண்டு மேலே எழும்புகின்றன (படம் 63) எண்ணெய்ப் பசை இல்லாத தாதுக்கள் காற்றுக் குழிகளுடன் இணைந்து கொள்ள முடியாது; எனவே, அவை கீழே அமிழ்ந்துவிடுகின்றன. நுரையிலுள்ள காற்றுக் குமிழிகளின் அளவு, அவை சுமக்கும் கனிமத்துகள்களின் அளவை விட மிகவும் அதிகம். ஆதலால் கனிமத் துகள்களை எளிதாக அவற்றால் மேலே தூக்க முடிகிறது. இவ்வாறு பெரும்பாலும் பயனுள்ள கனிமத் துகள்கள் எல்லாம் மேலே உள்ள நிலையில் மிதக்கின்றன. இவை அகற்றப்பட்டு மேலும் செப்பம் செய்யும் போது, வளமாக்கப்பட்ட தாது - முதலில் இருந்ததைவிடப் பல மடங்கு சதவீத அளவுக்குக் கனிம உள்ளடக்கம் கொண்டது - பிரிக்கப்படுகிறது. தக்க ரசாயனப் பொருள்களைக் கொண்ட எந்தத் தாதுவிலிருந்தும் அதில் அடங்கிய கனிமப் பொருள்களைப் பிரித்தெடுக்க முடியும்படியான அளவுக்கு மிதப்பு முறைகள் செம்மை செய்யப்பெற்றுவிட்டன.

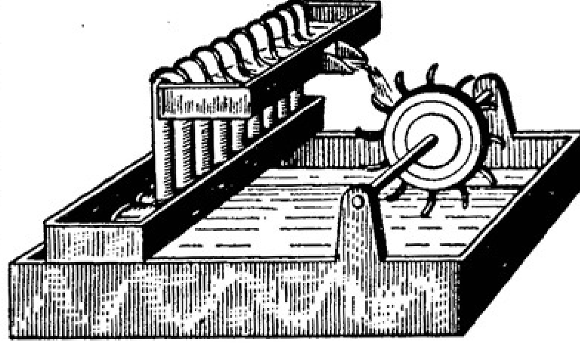
நிற்க, இந்த மிதப்பு முறை கண்டுபிடிக்கப்பட்டதற்குக் காரணம், கோட்பாடு அன்று; அது தற்செயலாகவே கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. சென்ற நூற்றாண்டின் இறுதியில் ஒரு நாள், காரி எர்ஸன் என்னும் அமெரிக்கப் பள்ளி ஆசிரியை தாமிர பைரைட் தாது இருந்த எண்ணெய்ப் பசையுடன் கூடிய சாக்குகளைக் கழுவிக் கொண்டிருந்தார். அப்போது, சாக்குகளில் ஒட்டிக் கொண்டிருந்த பைரைட் துகள்கள் நுரையுடன் கூட மேலே மிதந்து வரக் கண்டார். இதுதான் மிதப்பு முறைக்கு வழிகாட்டியது.

போலி "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம்

படம் 64இல் காட்டப்பட்டிருக்கும் அமைப்பு மெய்யான "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம் என்பதாய்ச் சில புத்தகங்களில் விவரிக்கப்படக் கண்டிருப்பீர்கள். ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றப்படும் எண்ணெய் (அல்லது நீர்) திரிகளின் வழியாக மேலே சென்று, மற்றொரு பாத்திரத்திற்கு வருகிறது; அதிலுள்ள திரிகளின் வழியாக மேலே சென்று, இன்னும் அதிக உயரத்திலுள்ள பிறிதொரு பாத்திரத்தை அடைகிறது. உச்சியிலுள்ள பாத்திரத்திலிருக்கும் மூக்கு வழியாக இந்த எண்ணெய் ஒரு துடுப்புச்சக்கரத்தின் மீது விழுந்து அதைச் சுழலச் செய்கிறது. அடியிலுள்ள பாத்திரத்திலிருந்து திரிகளின் வழியாக எண்ணெய் மீண்டும் உச்சிக்குச் செல்கிறது. இவ்வாறாக, துடுக்புச் சக்கரத்தின மிது எண்ணெய் தொடர்ந்து விழுந்து சக்கரத்தை ஓயாமல் சுற்ற வைக்கும் என்று நினைக்கப்பட்டது.

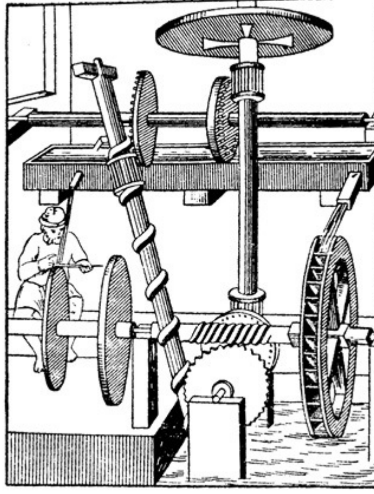
இவ்வமைப்பை விவரித்தவர்கள், இதைத் தயாரிக்க முற்பட்டிருந்தார்களாயின், எண்ணெய் மேலிருந்து விழுந்து துடுப்புச்சக்கரத்தைச் சுற்ற வைப்பது போகட்டும், ஒரு துளியளவுங்கூட மேல் மட்டத்துப் பாத்திரத்துக்கு வந்து சேரமுடியாதென்பதைக் கண்டு கொண்டிருப்பார்கள். ஆனால் இந்த அமைப்பைத் தயாரித்து பார்த்துத்தான் இதைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டுமென்பதில்லை. உண்மையில் திரியின் வளைந்த மேற்பகுதியிலிருந்து கிழே எண்ணெய் கசிந்தே ஆக வேண்டும் என்று இவ்வமைப்பின் கண்டுபிடிப்பாளர் ஏன் நினைக்க வேண்டும்? நுண்குழல் கவர்ச்சி சக்திகள் புவி ஈர்ப்பு சக்தியை வென்று, எண்ணெயைத் திரியின் மேற்பகுதிக்கு எடுத்துச் செல்கின்றன என்பது உண்மையே. ஆனால், நனைந்த திரியின் நுண்துளைகளில் இருக்கும் எண்ணெய் வெளியே கசிந்துவிடாமல் தடுப்பதும் இதே சக்திகள் தாம். நுண்குழல் கவர்ச்சி சக்திகளினால் நமது போலி "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரத்தின் மேல்தட்டிலுள்ள பாத்திரத்தை எண்ணெய் அடைகிறது என்றே வைத்துக் கெண்டாலுங்கூட, எண்ணெயை மேலே தூக்கும் அதே

திரிகளே அதைக் கீழேயுள்ள பாத்திரத்திற்கு இறக்கிக் கொணர்ந்துவிடும் என்பதை நாம் ஏற்றுக்கொண்டாக வேண்டும்.



படம் 64. இயங்க முடியாத "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம்

இப்போது விவரித்த இயந்திரத்தைப் போன்றதுதான் இத்தாலிய இயந்திரவியலாளரான மூத்த ட்ரேடா 1575 இலேயே கண்டுபிடித்த, நீரினால் இயக்கப்படும் இயந்திரம். படம் 65இல் வேடிக்கையான இந்த இயந்திரத்தைக் காணலாம். அது சுழலும்போது, அதிலுள்ள "ஆர்க்கிமிடீ திருகாணி" நீரை மேலேயுள் கொள்கலத்திற்கு உயர்த்துகிறது. அங்கிருந்து அது ஒரு காடியின் வழியாக, படத்தின் அடிப்பகுதியின் வலது கோடியில் காட்டப்பட்டுள்ள சக்கரத்தின் துடுப்புகளின் மீதுவிழுகிறது. இச்சக்கரம் சாணக்கல்லைச் சுழலச் செய்வதோடுகூட, பல்சக்கரங்களின் உதயினால், நீரை மேலே கொண்டு செல்லும் "ஆர்க்கிமிடீ திருகாணியையும்" சுழற்றுகிறது. சுருங்கச் சொன்னால், திருகாணிசக்கரத்தையும், சக்கரம் திருகாணியையும் சுழற்றுகிறது! இத்தகைய இயந்திரங்கள் சாத்தியமெனில் ஒரு கப்பியின் மீது கயிற்றைப்போட்டு அதன் இரு நுனிகளிலும் ஒரே எடையுள்ள பளுக்களைக் கட்டிவிட்டு இரண்டையும் சுலபமாய் மேலும் கீழமாய்ப் போய் வரச் செய்யலாமே. ஒரு பளுவு கிழே விழும்போது அது மற்றொரு பளுவைத் தூக்கும்; இது கீழே விழும்போது முதல் பளுவைத் தூக்கும். அது ஒரு நல்ல "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரமாகிவிடுமே!



படம் 65. சாணைக்கல்லைச் சுழலச் செய்வதற்கான நீரினால் இயக்கப்படும் "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம் ஒன்றின் பழைய அமைப்பு.

சோப்புக் குமிழிகள்

சோப்புக் குமிழிகள் ஊதத் தெரியுமா உங்களுக்கு? அவ்வளவு எளிதில்லை. இது ஒன்றும் பெரிய காரியமல்ல என்றுதான் நானும் நினைத்தேன். ஆனால் ஊதிப் பார்த்த பிறகுதான், அழகான பெரிய குமிழிகளை ஊதுவது ஒருதனிக்கலை, அதற்கு அனுபவம் தேவை என்று தெரியவந்தது. ஆனால் சோப்புக் குமிழி ஊதிக் கொண்டிருப்பது வேலையில்லாதவன் செய்யும் காரியமல்லவா? ஆனால் இயற்பியலின் அறிஞர்கள் இது குறித்து வேறுவிதமாக நினைக்கின்றனர். பிரபல பிரிட்டிஷ் பௌதிகவியல் அறிஞரான கெல்வின், "சோப்புக் குமிழி ஊதிப் பாருங்கள். வாழ்நாள் முழுவதும் பயில அதில் பலவும் உள்ளன. பௌதிகவியல் கருத்துக்களை ஒன்றன்பின் ஒன்றாய்க் கற்றறிந்து கொள்ளலாம்" என்றார்.

உண்மையில், மிகவும் மெல்லியதான சோப்புப்படலத்தின்மீது காணப்படும் வானவில்லின் வர்ண ஜாலம், ஒளி அலைகளின் நீளங்களை அளப்பதில் பௌதிகவியல் அறிஞர்களுக்குத் துணைபுரிகிறது; அங்ஙனமே, மிக மிக மெல்லியதான இந்தப் படலங்களின் இழுவிசை பற்றிய ஆராய்ச்சி, நுண் துகள்களுக்கிடையிலான சக்திகள் குறித்த விதிகளை - இத்தகைய சக்திகள் செயல்பட்டு இழுத்து இணைத்திடாவிடில் உலகமே நுண்ணிய தூசியாய்ச் சிதைத்துவிடும் - வகுத்துரைக்க அவர்களுக்குத் துணை புரிகிறது.

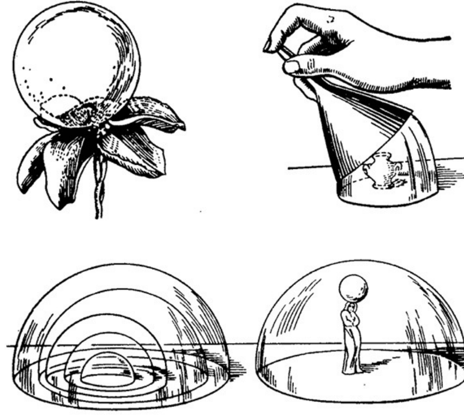
கீழே விவரிக்கப்படும் பரிசோதனைகளிலிருந்து அவ்வளவு முக்கிய விஷயங்களைத் தெரிந்துகொள்ள முடியாது; அறிவூட்டும் வேடிக்கையாகவும், எப்படி சோப்புக் குமிழிகள் ஊதுவது என்பதைக் கற்பிக்கும் வகையிலுமே அவை கொடுக்கப்படுகின்றன. சார்லஸ் பாய் என்னும் பிரிட்டிஷ் இயற்பியல் அறிஞர் எழுதிய "சோப்புக் குமிழிகளும் அவற்றை உருவாக்கும் சக்திகளும்" என்னும் நூலில் இச் சோப்புக் குமிழிகளைக் கொண்டு நிகழ்த்தக்கூடிய பல்வேறு பரிசோதனைகள் விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளன. எனவே உங்களுக்கு இவற்றில் ஆர்வம் இருந்தால், இந்த அற்புத நூலைப் படியுங்கள்.

மிகவும் எளிதான சில பரிசோதனைகளையே அடியில் காணலாம். சாதாரண சவுக்காரமே போதுமானது. உடலுக்குத் தேய்த்துக் கொள்ளும் "டாய்லெட்" சோப்பு இதற்கு அவ்வளவாகப் பயன்படுகிறதில்லை. ஆனால் பெரிய அழகான குமுழிகளைப் பெறுவதற்கு, சுத்தமான ஆலிவ் எண்ணெய் அல்லது வாதுமை-எண்ணெய் சோப்பையும் உபயோகிக்கலாம். சோப்புத்துண்டு ஒன்றைச் சுத்தமான குளிர்ந்த நீரில், நுரை சிறிது கெட்டியாக வரும் வரை கரைக்கவும். சுத்தமான மழை நீர் அல்லது உருகிய பனி நீர் மிகவும் சிறந்தது. ஆனால் கொதிக்கவைத்த குளிரச் செய்த நீரையும் பயன்படுத்தலாம். குமிழிகள் நீண்ட நேரம் இருப்பதற்காக, நுரையுடன் மூன்றுக்கு ஒன்று என்னும் விகிதத்தில் க்ளிஸரினைக் கலக்கலாம் என்று பிளாடோ கூறுகிறார். மேல் நுரையையும் சிறிய குமிழிகளையும் ஒரு கரண்டியால் அகற்றிவிடவும் பிறகு, நுனியின் உட்பறத்திலும் வெளிப்புறத்திலும் சோப்பு தேய்க்கப்பட்ட மெல்லிய களிமண் குழாயை அதில் முக்கவும். சுமார் 10 செ.மீ. நீளமுள்ளதும் அடிநுனி சிலுவைபோல் அமையும்படிப் பிளக்கப்பட்டதுமான வைக்கோல் குழாயையும் உபயோகிக்கலாம்.

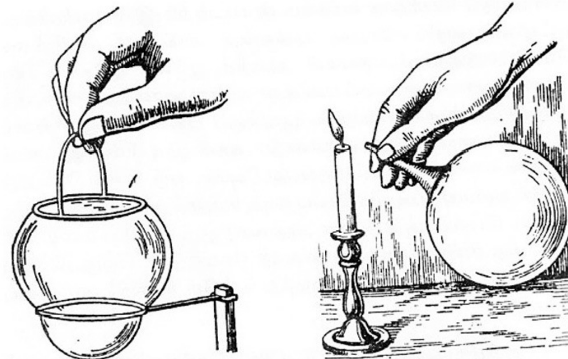
பின்வருமாறு குமிழியை ஊத வேண்டும். குழாயைச் செங்குத்தாகப் பிடித்துக் கொண்டு அது படலத்தினால் மூடப்படும்படியாக அதை நுரையினுள் முக்கவும். பிறகு மறுநுனி வழியாக மெல்ல உதவும். நமது நுரையிரல்ளிலிருந்து வரும் வெப்பமான அறையிலுள்ள காற்றைவிட இலேசான - காற்று குமிழியை நிரப்பும்போது அது உடனே மேலே கிளம்பும்; குமிழியின் குறுக்களவு மட்டும் 10 செ.மீ. இருக்க வேண்டும். இல்லாவிட்டால், இந்தக் குறுக்களவுள்ள குமிழியை ஊத முடிகிறவரையில் சோப்பு சேர்க்க வேண்டும். இது மாத்திரம் போதாது; இன்னொரு சோதனையும் செய்ய வேண்டும். குமிழி ஊதப்பட்டதும் உங்கள் விரலை நுரையினுள் வைத்தெடுத்து அதனால் குமிழியைக் குத்திப் பாருங்கள்.

குமிழி வெடிக்காதிருந்தால் பரிசோதனையைத் தொடங்கலாம். இக்குமிழி வெடித்தால் இன்னும் சிறிதளவு சோப்பு சேர்க்கவும். பரிசோதனைகளைக் கவனமாகவும் அவசரமின்றி நிதானமாகவும் செய்யவும், அறையில் நல்ல வெளிச்சம் இருக்க வேண்டும்; இல்லாவிட்டால் வர்ண ஜாலம் நன்றாக அமையாது. இப்போது சில பரிசோதனைகளைச் செய்யலாம்.

1) குமிழியில் பூ: ஒரு தட்டில் 3 மில்லிமீட்டர் ஆழத்திற்கு சோப்புக் கரைசலை ஊற்றவும். பின்னர், அதன் நடுவில் ஒரு பூவையோ, சிறிய பூச்சட்டி ஒன்றையோ வைத்து, இதை ஒரு கண்ணாடிப் புனலினால் மூடவும். இப்போது புனலின் குறுகிய குழாயின் வழியாக ஊதிப் புனலுக்கடியில் சோப்புக் குமிழி வரச் செய்தவாறு புனலை மெல்ல உயர்த்தவும். குமிழி போதிய அளவுக்குப் பெரிதாக வந்தவுடன் படம் 66இல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதைப் போல்



படம் 66. சோப்புக் குமிழிகள்





படம் 67. உருளை வடிவமுள்ள சோப்புக் குமிழியைச் செய்யும் முறை.

படம் 68. சோப்புக் குமிழியின் சுவர்களினால் வெளிப்படுத்தப்படும் காற்று மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையை அசையச் செய்கிறது

புனலைச் சாய்த்துக் குமிழியை வெளிப்படுத்தவும். நீங்கள் வைத்த பூவோ பூச்சட்டியோ தெளிவான, அரைவட்ட வடிவ வர்ண ஜாலத்திதுடன் கூடிய குமிழியினுள் காணப்படும். பூவுக்குப் பதிலாக ஒரு சின்னப் பொம்மையை எடுத்துக் கொண்டு அதன் முடியின் மீது, படம் 66இல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பது போல், ஒரு சின்ன சோப்புக் குமிழி அமையும்படியும் செய்யலாம். சின்னக்குமிழி வருவதற்கு, நீங்கள் பெரிய குமிழியை ஊதுவதற்குமுன் பொம்மையின் தலை- லமீது சிறிது நுரையை வைக்க வேண்டும். பிறகு பெரிய குமிழியில் ஒரு குழலை நுழைத்து உள்ளே சின்னக் குமிழியை ஊதவும்.

2) **குமிழியடுக்குக் கூடு** (படம் 66): சென்ற பரிசோதனைக்கு உபயோகிக்கப்படுத்திய புனலை எடுத்துக் கொண்டு, முன்பு செய்ததைப் போலவே பெரிய குமிழி ஒன்றை ஊதவும். பின்னர் ஒரு குழலை எடுத்துக் கொண்டு, அதன் நுனி மட்டும் வெளியே இருக்கும்படி விட்டு, அதை நுரையினுள் முக்கவும்; நுனியின் வழியாக ஊதவும். முதல் குமிழியின் சுவரினூடே, நடுவை அடையும் வரை அதை நுழைக்கவும். பிறகு குழலை வெளியே கொண்டு வராமல் மெல்லப் பின்புறமாக இழுத்து, முதல் குமிழியினுள்ளேயே இரண்டாவது குமிழியை ஊதவும். இம்மாதிரியே மூன்றவாது குமிழி, நான்காவது குமிழி என்று ஊதிச் செல்லலாம்.

3) **உருளை வடிவமுள்ள குமிழி** (படம் 67) இதற்கு இரண்டு கம்பி வளையங்கள் வேண்டும். கீழே உள்ள வளைத்தின் மிது சாதாரணமான உருண்டைக் குமிழி ஒன்றை ஊதவும். பிறகு இரண்டாவது வளையத்தை எடுத்த, அதை நனைத்து, குமிழியின் உச்சியின்மீது வைக்கவும். குமிழி உருளை வடிவம் பெறும்வரை அதைத் தூக்கவும். மேல் வளையத்தை அதன் சுற்றளவுக்கு அதிகமான உயரத்துக்குத் தூக்கினால் உருளையில் பாதி சுருங்கி, குமிழி இரண்டு பகுதிகளாகும் வரை மறுபாதி உப்பும்.

தொடர்ந்து விகுவு நிலையில் இருக்கும் சோப்புக் குமிழியின் படலம் உள்ளே அடைக்கப்பட்ட காற்றின் மீது அழுத்துகிறது. புனலின் குறுகலான பகுதியை மெழுகுவர்த்திச் சுவாலையின் பக்கம் திருப்பினால், மிகவும் மெல்லியதான இப்படத்தின் பலம், நீங்கள் நினைப்பதுபோல், அத்னை அற்பமானதன்று என்பதைக் காணலாம் - சுவாலையின் நெருப்பு கணிசமான அளவிற்கு அசைவதைப் பர்க்கலாம் (படம் 68)

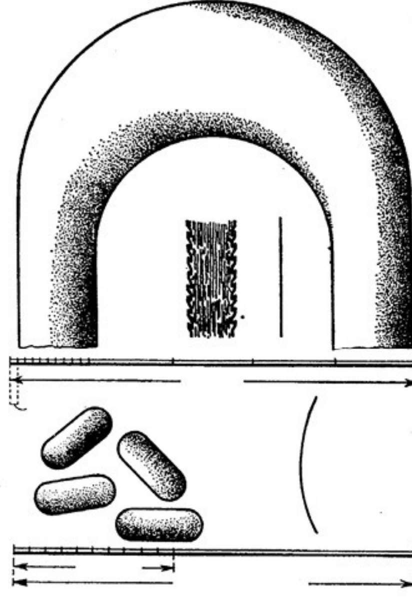
வெப்பமான அறையிலிருந்து குளிர்ந்த அறைக்குக் குமிழி மிதந்து செல்வது கவனிக்கத்தக்கதாகும். அப்போது குமிழி பெருமளவிற்குச்

சுருங்குகிறது. மாறாக, குளிர்ந்த அறையிலிருந்து வெப்பமான அறைக்கு அதைக் கொணர்ந்தால் அது விரிவடைகிறது. இது உள்ளே இருக்கும் காற்றின் விரிவையோ, சுருங்கலையோ சார்ந்திருக்கிறது. நீரின் உறைநிலைக்குக் கீழே 150 சென்டிகிரேடில் 1,000 கன செ.மீ. அளவுள்ள சோப்புக் குமிழியை உறைநிலைக்கு மேலே 150 செடிகிரேட் வெப்ப நிலைக்குக் கொணர்ந்தால், அதன் கனபரிமாணம் ஏறத்தாழ 110 கன செ.மீ. (1,000 x 30 x 1/273) அதிகரிக்கும்.

சாதாரணமாய் நாம் நினைப்பது போல், சோப்புக் குமிழி எப்போதும் சில கணங்களில் உடைந்து மறையக்கூடியது அல்ல. கவனத்துடன் கையாண்டால். அது பத்து நாள் வரை கூட இருக்கும்; பத்து நாளுக்கு மேலுங்கூட இருக்கக்கூடும். காற்றைத் திரவமாக்குவது சம்பந்தமான ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பேர்போன பிரிட்டிஷ் இயற்பியல் அறிஞரான டியூவார் என்பவர் தூசி, வறட்சி, அதிர்ச்சி ஆகியவற்றிலிருந்து நன்கு பாதுகாக்கப்பட்ட தனிச் சீசாக்களில் சோப்புப் குமிழிகளை ஒரு மாதத்திற்கு மேலுங்கூடப் பத்திரப்படுத்தி வைத்திருந்தார். அமெரிக்கவைச் சேர்ந்த லாரென் என்பவர் கண்ணாடிக் கூட்டிற்குள் வருடக்கணக்கில் சோப்புக் குமிழிகளை வைத்திருந்தார்.

அனைத்திலும் மெல்லியது

வெறும் கண்ணால் பார்க்கக்கூடிய மிக மிக மெல்லிய பொருள்களுள் ஒன்று சோப்பு குமிழியின் படலம் என்பது பலருக்கும் தெரிந்திருக்காது. மெல்லியதாயிருப்பதைக் குறிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் உவமைப் பொருள்கள், சோப்புக் குமிழியின் படலத்துடன் ஒப்பிடப்படும் போது மிகவும் தடிமனபானவையாகவே இருக்கின்றன. “மயிரிழைபோல் மெல்லியதான” அல்லது “சிகரெட்தாள் போன்று மெல்லியதான” ஒரு பொருள், சோப்புக் குமிழியின் சுவர்களுடன் ஒப்பிடும்போது மிகவும் தடிமனாகக் காணப்படுகிறது; சோப்புக் குமிழியின் சுவர், மயிரையோ சிகரெட்தாளையோவிட 5,000 மடங்கு மெல்லியதாயிருக்கிறது! மனித முடியை 200 மடங்கு பெரிதாக்கினால் அது சுமார் ஒரு செ.மீ. தடிமனாகக் காணப்படுகிறது. சோப்புக் குமிழியின் படலத்தை அதே அளவுக்குப் பெரிதாக்கினாலுங் கூட அது நமது கண்ணுக்குப்



படம் 69. மேலே: இருநூறு மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட ஊசியின் காது, மனிதனின் மயிர், இன்புளுயென்சா நுண்ணுயிர்கள், சிலந்திவலை இழை. கீழே: 40,000 மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்ட இன்புளுயென்சா நுண்ணுயிர்களும் சோப்புக் குமிழியின் சுவரும் (1 மைக்ரான் = 0.0001 செ.மீ.)

புலப்படாது. இன்னும் **200** மடங்கு பெரிதாக்கினால் அது ஒரு மெல்லிய கோடுபோல் தோன்றுகிறது. இவ்வாறு, அதாவது **40,000** மடங்கு, பெரிதாக்கப்பட்ட மயிர், இரண்டு மீட்டர் தடிமனாகக் காணப்படும். படம் **69** இதை நன்கு விளக்குகிறது.

விரலில் ஈரம் படாமல்

அகன்ற தட்டு ஒன்றில் ஒரு காசைப்போடவும். பிறகு காசு மூடப்படும்வரை நீர் உற்றவும். விரலில் ஈரம் படாமல் காசை எடுக்க முடியுமா, உங்களால் முடியாது என்றுதானே நினைக்கிறீர்கள்?

ஆனால், ஒரு டம்ளரையும் சிறிய காகிதத்தையும் கொண்டு எளிதில் இதைச் செய்யலாம். காகிதத்தைத் கொளுத்தி அது எரிந்து கொண்டிருக்கும் போதே டம்ளருக்குள் போட்டு, விரைவாக டம்பளரைத் தட்டின்மீது கவிழ்த்துவிடவும். காகிதம் அணைந்து போய், டம்ளரை முழுவதிலும் வெண்புகைச் சுருள்கள் நிரம்புகின்றன. தட்டில் உள்ள நீர்ப்பூராவும் அதனுள் சென்றுவிடுகிறது. காசு மட்டும் முன்பு இருந்த இடத்திலேயே இருக்கும். ஒன்றிரண்டு நிமிஷத்திற்குப் பின், காசு உலந்தவுடன் விரலில் ஈரம் படாமலே அதை எடுத்துவிடலாம்.

நீரை டம்பளருக்குள்ளே இழுத்து இதை ஒரு குறிப்பிட்ட மட்டத்திலேயே இருக்குமாறு செய்தது எது? வணிமண்டல அழுத்தம்தான். எரியும் காகிதம்



படம் 70. விரலில் ஈரம் படாமலே காசை எடுக்கும் முறை

டம்ளரிலுள்ள காற்றைச் சூடாக்கி, அதன் அழுத்ததை அதிகரிக்கச் செய்தது; எனவே, காற்றில் ஒரு பங்கு வெளியே சென்றது. காகிதம் அணைந்தவுடன் காற்று குளிர்ந்தது, அதன் அழுத்தம் குறைந்தது. டம்ளருக்கு வெளியே இருந்த காற்றின் அழுத்தம் தட்டிலிருந்த நீரை டம்ளருக்கடியில் செல்லுமாறு செய்தது. காகிதத்துக்குப் பதிலாக படம் 70இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போல் தக்கையில் செருகிய தீக்குச்சிகளை எரித்தும் இதைச் செய்யலாம்.

மிகப் பழையமான இந்தப் பரிசோதனை (கி.மு. முதலாவது நூற்றாண்டில் எப்போதோ பைஸான்டியத்தில் வாழ்ந்த பௌதிகவியல் அறிஞரான பைலோ என்பவர் தாம் இதை முதன்முதலில் விவரித்து, அதற்குச் சரியான விளக்கமும் தந்தார்) குறித்து ஒரு தவறான விளக்கம் இருந்து வருகிறது. “ஆக்ஸிஜன் எரிந்து போவதனாலேயே” டம்பளரிலுள்ள வாயுவின் அளவு குறைகிறது என்றும் அதனால்தான் நீர் டம்ளருக்கடியில் செல்கிறது என்றும் சிலர் கூறுகின்றனர். இது முற்றிலும் தவறு. காற்று சூடாக்கப்படுவதாலேயே நீர் டம்ளருக்கடியில் செல்கிறது; எரியும் காகிதத்தினால் ஆக்ஸிஜன் எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதனால் இல்லவே இல்லை. இதை அடியிற்காணும் முறையில் நீங்களே சோதிக்கலாம். எரியும் காகிதத் துண்டுக்குப்பதிலாய் கொதிக்கும் நீரினால் டம்ளரைச்

சூடாக்கவும். அல்லது காகிதத்துக்குப் பதிலாக ஆல்கஹாலில் நனைக்கப்பட்ட பஞ்சை-காகிதத்தவிட நீண்ட நேரத்திற்கு இது எரிகிறது; காற்றையும் நன்கு சூடாக்குகிறது - எடுத்துக் கொண்டால். நீர் டம்ளருக்குள் ஏறக்குறையப் பாதிக்குமேல் உயரும். கனபரிமாண அளவில் ஆக்ஸிஜன் காற்றில் ஐந்தில் ஒரு பகுதிதான் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. மேலும் எரிக்கப்பட்டதாகச் சொல்லப்படும் ஆக்ஸிஜனுக்குப் பதிலாக, கரியமிலவாயும் நீராவியும் இருப்பதையும் கவனிக்கவும், கரியமிலவாயு நீரில் கரைந்து விடுகிறது. ஆனால் ஆக்ஸிஜன் ஒரு பகுதிக்குப் பதிலாய் நீராவி எஞ்சி நிற்கிறது.

எப்படித் தண்ணீர் குடிக்கிறோம்?

இதுகூட ஒரு கேள்வியா என்ன? ஆம். குடிக்கும்போது திரவமுள்ள கிண்ணத்தையே கரண்டியையோ உதட்டருகில் கொண்டுவந்து திரவத்தை உறிஞ்சுகிறரோம். நமக்கு இவ்வளவு பழக்கமாயிருக்கும் இதைத்தான் விளக்கியாக வேண்டும். உண்மையில் திரவம் ஏன் நமது வாயினுள் பாய்கிறது? அதைச் செய்வது ஏது? நாம் குடிக்கும்போது, நமது மார்பு விரிகிறது; இதனால், நமது வாயிலுள்ள காற்றின் அடர்த்தி குறைகிறது. வெளியிலுள்ள காற்றின் அழுத்தம் திரவத்தை அழுத்தம் குறைவாயுள்ள இடத்திற்குச் செல்லுமாறு செய்கிறது; எனவேதான், வாய்க்குள் திரவம் செல்கிறது. தொடர்புள்ள பாத்திரங்களுள் ஒன்றின் மீதுள்ள காற்றின் அடர்த்தியைக் குறைத்தால் அவற்றிலுள்ள திரவங்களுக்கும் அவ்வாறே ஆகிறது. வளிமண்டல அழுத்தம் காரணமாக, குறிப்பிட்ட அப்பாத்திரத்திலுள்ள திரவத்தின் மட்டம் உயருகிறது. சீசாவின் வாயை உங்கள் உதடுகளினால் மூடிக் கொண்டால் உங்களால் அதிலுள்ள நீரை உறிஞ்ச முடியாது; ஏனெனில், உங்கள் வாயில் இருக்கும் காற்றின் அழுத்தமும் நீருக்கு மேலேயுள்ள காற்றின் அழுத்தமும் சமமாயிருக்கும். எனவே திட்டமாகச் சொல்ல வேண்டுமானால், மார்பு விரிவடைவதனாலேயே திரவம் நமது வாயினுள் செல்வதால், வாயினுள் மட்டுமல்லாமல் நுரையீரராலும் நாம் குடிக்கிறோம்!

சிறந்த புனல்

சீசாவில் புனல் வழியாகத் திரவங்களை ஊற்றும்போது, அவ்வப்போது புனலைச் சிறிது தூக்கிக்கொள்ள வேண்டியருப்பதை நீங்கள் கவனித்திருக்கலாம்; இல்லாவிட்டால், திரவம் புனலிலேயே தங்கி நிற்கும். இதற்குக் காரணம், சீசாவிலுள்ள காற்றுக்கு வெளியே செல்ல வழி இல்லாதிருப்பதுதான்; இதுவே புனலில் இருக்கும் திரவம் உள்ளே

செல்லாதவாறு அடைத்துக் கொள்கிறது. சிறிதளவு திரவம் உள்ளே இறங்கியவுடன் அதன் ஆழத்தினால் சீசாவிலுள்ள காற்று அமுக்கப்பட்டு தனது அழுத்தத்தினாலேயே புனலில் இருக்கும் திரவத்தின் எடையை எதிர்க்கிறது. புனலைத் தூக்கினால், அமுக்கப்பட்ட காற்றுக்கு வெளியே செல்ல வழி கிடைக்கிறது. அப்போது திரவம் மீண்டும் உள்ளே செல்லத் தொடங்குகிறது. எனவே, சிறந்த புனல் ஒன்றைச் செய்ய வேண்டுமென்றால், புனலின் குறுகலான பகுதியின் வெளிப்புறத்தில் நீள்வரை முகடுகள் அமைக்க வேண்டும்; அப்பொழுது காற்று போக இடமின்றி சீசாவின் கழுத்தில் புனல் இறுக்கமாய்ப் பொருந்தாமல் இருக்கும்.

ஒரு டன் மரமும் ஒரு டன் இரும்பும்

எது அதிக கனமானது ஒரு டன் மரமா, ஒரு டன் இரும்பா? சிலர் யோசிக்காமல் ஒரு டன் இரும்புதான் என்று சொல்லித் தங்களைக் கேலிக்கு உள்ளாக்கிக் கொள்கின்றனர். ஒரு டன் மரம்தான் அதிக கனமுள்ளது என்றால், கேள்வி கேட்டவர் இன்னும் பலமாய் சிரிக்கக்கூடும். நம்ப முடியாததாய்த் தோன்றினும் திட்டமாகச் சொல்லப்போனல், இதுவே உண்மை.

இங்கு கவனிக்கப்பட வேண்டிய விவரம் என்னவென்றால், ஆர்க்கிமிடீ விதியைப் திரவங்களுக்கு மட்டுமல்லாது, வாயுக்களுக்கும் பயன்படுத்தலாம் என்பதுதான். காற்றில் ஒவ்வொரு பொருளும் தனது எடையில் ஒரு பங்கை “இழக்கிறது”; இந்த எடையிழப்பு அப்பொருளினால் இடம் பெயர்க்கப்பட்ட காற்றின் எடைக்கச் சமமாகும். மரமும் இரும்பும்கூடத் தத்தம் எடையில் ஒரு பங்கை இழக்கின்றன; எனவே, அவற்றின் உண்மையான எடையைக் கண்டுடிக்க வேண்டுமென்றால், எடை இழப்பைக் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும். எனவே, மரத்தின் உண்மையான எடை ஒரு டன்+அது இடம் பெயரச் செய்யும் காற்றின் எடை ஆகும்.

அங்ஙனமே, இரும்பின் உண்மையான எடையும், ஒரு டன்+அது இடம் பெயரச் செய்யும் காற்றின் எடை ஆகும். எனினும் ஒரு டன் இரும்பைவிட ஒரு டன்மரம் அதிக சுமார் 15 மடங்கு அதிகமான இடத்தை அடைத்துக்கொள்கிறது. ஆகவே, ஒரு டன் மரத்தின் உண்மையான எடை ஒரு டன் இருப்பின் உண்மையான எடையைவிட அதிகமாயிருக்கிறது. அல்லது ஒரு டன் மரத்தின் உண்மையான எடை ஒருடன் இருப்பின் உண்மையான எடையைவிட அதிகமாயிருக்கிறது.

அல்லது காற்றின் ஒரு டன் எடையுள்ள மரத்தின் உண்மையான எடை, காற்றில் அதே ஒரு டன் எடையுள்ள இரும்பின் உண்மையான எடையைவிட அதிகமாயிருக்கிறது என்று சொல்ல வேண்டும்.

ஒரு டன் இரும்பின் கன பரிமாணம் 1/8 கனமீட்டர்: ஒரு டன் மரத்தின் கன பரிமாணம் 2 கன மீட்டர்; ஆதலால், இடம் பெயர்க்கப்பட்ட காற்றின் எடைகளில் உள்ள வித்தியாசம் கிட்டத்தட்ட 25 கிலோகிராம். ஒரு டன் மரம் ஒருடன் இரும்பைவிட உண்மையிலேயே இவ்வளவு அதிக கனமுள்ள தாயிருகிறது!

எடையே இல்லாத மனிதன்

இறகைப் போல் இலேசாகி, காற்றைவிடவும் இலேசாகி, புவி ஈர்ப்பின் பிடிகளிலருந்து விடுதலை பெற்று, வானில் சுயேச்சையாய்த் திரியவே ஒவ்வொரு குழந்தையும், ஏன் வயது வந்தவரும்கூடக் கனவு கண்டு வந்திருக்கின்றனர். (நிற்க, மக்கள் சாதாரணமாய் நினைப்பதற்கு மாறாக, காற்றைக் காட்டிலும் இறகு நூற்றுக்கணக்கான மடங்கு அதிக கனமுள்ளதாயிருக்கிறது. காற்றில் அது பறந்து மிதப்பதற்குக் காரணம், அதனுடைய “சிறகு விரிப்பு” அதிகமாகயிருப்பதனால் அதற்கு ஏற்படும் வளிமண்டலத்தடை அதன் எடை விட மகவும் அதிகமாகியிருப்பதுதான்.) ஆனால் காற்றைவிட அதிக கனமாயிருப்பதனால்தான் நிலத்தில் நம்மால் எளிதாக நடக்க முடிகிறது என்பதை அவர்கள் மறந்துவிடுகின்றனர். “காற்றினாலான சமுத்திரத்தின் அடியில் நாம் வசிக்கிறோம்” என்று டொரிச்செல்லி ஒருசமயம் கூறினார். திடீரென்று நாம் ஆயிரம் மடங்கு இலேசாக, காற்றைவிட இலேசாகிவிட்டால் நாம் இக்காற்றும் சத்திரத்தின் மேற்ப்பரப்புக்கு மிதந்து வந்துவிட வேண்டியிருக்கும். காற்றின் அடர்த்தி, நமது உடலின் அடர்த்திக்குச் சமமாயிருக்கும் பகுதிகளை அடையும் வரைபல மைல்கள் உயரத்திற்குச் சென்று விடுவோம். மலைகள் பள்ளத்தாக்குகள் ஆகியவற்றின் மேலபாகப் பறப்பது குறித்த நமது கனவு தகர்ந்து விடும்; ஏனெனில், புவி ஈர்ப்பிலிருந்து விடுதலை கிடைத்தாலும், வேறு சக்திகளினால் - காற்று ஓட்டங்களின் சக்திகளினால் அவதிப்பட வேண்டியிருக்கும்.

எச்ஜீ வெல் ஒரு கதை எழுதியிருக்கிறார். அதில், மிகவும் பருமனான ஓர் ஆள் தனது பருமனிலிருந்து விடுதலை பெற விரும்பினான். அதிகப்படியான எடையை அகற்றும் அரிய கஷாயத்தைச் செய்யும் முறை கதை சொல்பவரிடம் இருந்தது. பருமனான ஆள் அம்முறைப்படி கஷாயம் தயாரித்துக் குடித்தான். பின்னர் நடந்தது இதுதான்:

“நெடுநேரம் வரை கதவு திறக்கப்படவில்லை.”

“சாவியைத் திருப்பும் சத்தம் கேட்டது. பிறகு பைகார்ப்டின் குரல் ‘உள்ளே



படம் 71. “கூரையோடு ஒட்ட வைத்திருந்தது போல் உச்சியில் இருந்தான்.”

வாருங்கள்’ என்று அழைத்தது.

“பிடியைத்தி ருப்பி கதவைத் திறந்தேன். அங்கு பைக்ராப்ட் இருப்பான் என்றே எதிர்பார்த்தேன்.

“ஆனால் ஆளைக் காணவில்லை.

‘அத்தகைய அதிர்ச்சி எனக்கு ஒருபோதும் ஏற்பட்டதில்லை. அவனுடைய அறையில் புத்தகங்களும் எழுதும் சாமான்களும் தட்டுகளும் கிண்ணங்களும் தாறுமாறாய் இறைந்து கிடந்தன. நாற்காலிகளில் பல கவிழ்ந்திருந்தன. ஆனால், பைக்ராப்ட்.

‘எல்லாம் சரியாத்தான் இருக்கிறது; முதலில் கதவை மூடு’ என்றான். அப்போதுதான் அவன் இருக்குமிடத்தைக் கண்டுபிடித்தேன்.

கதவுக்கு மேலே மூலையில் கூரையோடு ஒட்டப்பட்டது போல் உச்சியில் இருந்தான். அவன் முகத்தில் கவலையும் கோபமும் பிரதிபலித்தன. பெருமூச்சுவிட்டுக் கொண்டு கைகளை ஆட்டினான். ‘கதவை மூடு, அவளுக்குத் தெரிந்தால்-’ என்றான் அவன்.

“கதவை மூடிவிட்டு உள்ளே சென்று, அவனிடமிருந்து சற்று தூரத்தில் நின்றுகொண்டு அவனையே வெறித்துப் பார்த்தேன்.

“நழுவி நீ கீழே விழுந்தால் உன் கழுத்து முறிந்துவிடும், பைக்ராப்பட்” என்றேன்.

“அம்மாதிரி ஆவதையே விரும்புகிறேன்” என்று பெருமூச்சுவிட்டவாறு அவன் கூறினான்.

‘இதோ பார். உன் வயது என்ன? எடை என்ன? இம்மாதிரி சிறு பிள்ளைத்தனமான உடற்பயிற்சிகளில்-’

‘போதும் நிறுத்து’ என்றான்; முகத்தில் அவன் படும் வேதனை நன்றாகத் தெரிந்தது.

‘என்ன நடந்தென்று சொல்லுகிறேன்’ என்று கூறி, சைகை செய்தான்.

‘எதைப் பிடித்துக் கொண்டு அங்கே இருக்கிறாய்?’

“அவன் எதையுமே பிடித்துக் கொண்டிருக்கவில்லை என்பதையும், பலூன் மிதப்பது போல் அங்கே மிதந்து கொண்டிருக்கிறான் என்பதையும் அப்போது திடீரென்று உணர்ந்தேன். கூரையிலிருந்து சுவர்வழியாக இறங்க அவன் போராடத் தொடங்கினான். அந்தக் கஷாயம் தான் இதற்குக் காரணம் - உனது கொள்ளுத் தாத்தா” என்றான் அவன்.

“பேசிக்கொண்டே கண்ணாடி போடப்பட்ட ஒரு படத்தைக் கவனமில்லாமல் பிடித்துக் கொண்டான்; அது நழுவிடவே, அவன் மீண்டும் கூரைக்கு அருகில் சென்றுவிட்டான். படம் கீழே விழுந்து உடைந்தது. கூரையில் அவன் உடல் மோதிக் கீழே வந்தது. அவனுடைய உடலின் வளைவான பகுதிகள் ஏன் வெளுப்பாய் இருந்தன எனபது அப்போது எனக்கு விளங்கியது! நிலைப்படிக்கட்டையைப் பிடித்துக் கொண்ட அவன் கவனமாய்க் கீழே இறங்க ஆரம்பித்தான்.

“பருத்த உடலும் வலிப்பு நோய் வாய்ப்பட்டவனைப்போன்ற தோற்றமுடைய அவன் தலைகீழாய் மேலிருந்து தரைக்கு வர முயன்ற அந்தக் காட்சி மெய்யான ஒரு விந்தையாகவே இருந்தது. ‘எல்லாம் அந்தக் கஷாயம் செய்த வேலை. அளவுக்கு மீறி பயனளித்துவிட்டது’ என்றான்.

‘எப்படி?’

“எடை இழப்பு அனேகமாய் முழு அளவில் நிகழ்ந்துவிட்டது.’

“அப்போதுதான் எனக்கு விளங்கிற்று.

‘அட கடவுளே! நீ விரும்பியது பருமனைக் குறைக்கும் கஷாயம்தானே. ஆனால், அதை எடை என்றே எப்போதும் குறிப்பிட்டு வந்தாய்.’

“எனக்கு அளவிலா மகிழ்ச்சியாயிருந்தது. அச்சமயம் பைக்ராப்ட்டை எனக்கு மிகவும் பிடித்திருந்தது. ‘நான் உனக்கு உதவுகிறேன்’ என்று சொல்லி, அவன் கையைப்பிடித்துக் கீழே இழுத்தேன். காலை வைப்பதற்கு இடம் தேடிக் கொண்டு அவன் அங்கும் இங்கும் உதைத்துக் கொண்டான். அவனைப் பிடித்துக் கொள்வது, காற்று வேகமாக அடிக்கும் போது ஒரு கொடியைப் பிடித்துக் கொள்வதைப் போலிருந்தது.

“அந்த மேஜை இருக்கிறதே, அது மிகவும் கனமானது. அதனடியில் என்னை வைக்க முடிந்தால்-’

“அங்ஙனமே செய்தே. பிடிப்பட்ட பலூன் போல நின்று கொண்டு அவனுடன் பேசினேன்.

“... நீ செய்யக்கூடாத காரியம் ஒன்று இருப்பது தெளிவாய்த் தெரிகிறது. வீட்டிற்கு வெளியே போனால் நீ மேலே உயரச் சொன்றுவிடுவாய்!’

“புதிய நிலைமைக்கு நீ உன்னைத் தகவமைத்துக்கொள்ள வேண்டும் என்று கூறினேன். இனி செய்ய வேண்டியவை குறித்து பேசினோம். கூரையில் ஒட்டிக் கொண்ட கைகளால் நடக்கக் கற்றுக்கொள்ள வேண்டும், சிரமமின்றிக் கற்றுக் கொண்டுவிடலாம் என்றேன்.

‘என்னால் தூங்கு முடியாதே’ என்றான்.

“ஆனால், அது ஒன்றும் அப்படிச் சிரமமாயிராது. கம்பி வலைப் படுக்கை அமைத்து அதனடியில் படுத்து, நாடாக்களினால் உடைகளை அதனுடன் கட்டிக் கொண்டு விட்டால் சரியாகப் போய்விடு என்று கூறினேன். மேலும், விரிப்பு, போர்வை ஆகியவற்றிற்கும் பக்கத்தில் பொத்தான்கள் வைத்துக் கொள்ளலாம். பணிப்பெண்ணிடம் இதைச் சொல்லித்தான் ஆக வேண்டும் என்றும் சொன்னேன். சிறிது ஆட்சேபணை செய்தபின் அவன் இதற்கு இணங்கினான். (பிற்பாடு இவ்விசித்திரமான மாறுபாடுகளை எல்லாம் இயல்பானதாய்க் கொண்டு அப்பணிப்பெண் உதவி புரிந்ததைக் காண மிகவும் மகிழ்ச்சியாயிருந்தது.) அவனுடைய அறையில் ஏணி ஒன்றை வைத்துக் கொண்டு, அவனுடைய சாப்பாட்டைப் புத்தக அலமாரியின் மேற்தட்டின் மீது வைத்துக் கொள்ளலாம். விரும்பும்போது கீழே வருவதற்கான ஒரு சாமர்த்தியமான உபாயத்தியும் கண்டுபிடித்தோம்; பிரிட்டிஷ் கலைக்களஞ்சியம் (பத்தாவது பதிப்பு) தொகுதிகளைத் திறந்த அலமாரியின் மேற்தட்டின்மீது வைத்துவிட வேண்டும். இரண்டு தொகுதிகள் கையில் எடுத்துக் கொண்டால் அவன் கீழே வரலாம். அறைச் சுவர்களில் இடுப்பு உயரத்தில் இரும்பு வளையங்களும் இருக்க வேண்டும் என்றும் முடிவு செய்தோம். கீழ் மட்டத்தில் அறையில் சுற்றி வர வேண்டுமானால் அவற்றைப்பிடித்துக் கொள்ளலாம்... (அப்போதுதான் என்னுடைய அபாயகரமான மூளையில் ஒரு யோசனை உதித்தது!) அவன் அறையில் உட்கார்ந்து கொண்டு மது அருந்திக் கொண்டிருந்தேன். அவனோ தனது வழக்கமான இடமான கூரைக்கருகில் ஒரு துருக்கிக் கம்பளத்தைக் கூரையுடன் வைத்து ஆணிகள் அடித்துப் பொத்திக் கொண்டிருந்தான். ‘பைக்ராப்ட், இவை எல்லாம் தேவையேயில்லை’ என்றேன்.

“என் கருத்தால் உண்டாகக் கூடிய விளைவுகளைத் தீர ஆலோசிப்பதற்கு முன்னரே ஈயத்தினாலான உள்ளுடைகள் போட்டுக் கொண்டாயானால் யாவும் சரியாகிவிடும்” என்றேன்.

பைக்ராப்ட் இதைக் கேட்டு ஆனந்தக் கண்ணீர் வடித்தான். ‘முன்போல் மறுபடியும் நேர்நிலை பெற்று தரையில் நடக்க முடிந்தால்

எவ்வளவு நன்றாயிருக்கும்!' என்றான்.

"எனது கருத்தின் ரகசியம் முழுவதையும் சொன்னேன். 'ஈயத்தகடுகள் வாங்கி அதைத் தட்டுகளாக்க வேண்டும். பிறகு போதுமான வரை உனது உள்ளுடைகளின்மீது அவற்றை வைத்துத் தைத்துவிடு. ஈயத்தினாலான அடிகளையுடைய பூட்சுகளை அணிந்துகொள். ஈயத்தினாலான ஒரு பை. அவ்வளவுதான். கைதி போல் இங்கே அடைப்பட்டிருப்பதற்கு பதிலாக, வெளி நாடுகளுக்குக் கூட மீண்டும் போகலாம். பைக்ராப்ட், நீ பிரயாணமும் செய்யலாம்'

"மேலும் சிறந்த ஒரு கருத்து அப்போது எனக்குத் தோன்றியது. கப்பலில் விபத்திற்குக்கூட நீ பயப்பட வேண்டியதில்லை. உன் உடைகளின் சிலவற்றை அவிழ்த்துவிட்டு உனக்கு வேண்டிய சாமான்களை மட்டும் எடுத்துக் கொண்டு நீ காற்றிலே மிதக்கலாம்."

மேம்போக்காய்ப் பார்க்கும் போது இவை அனைத்தும் இயற்பியல் விதிகளுக்கேற்ப இருப்பது போலவே தோன்றுகிறது. ஆனாலும் அவற்றிற்கு ஆட்சேபணைகள் கூறலாம். முதலாவதாக, பைக்ராப்ட் தனது எடையை இழந்து விட்டிருந்தாலும் அவன் கூரைக்குச் சென்றிருக்கவே முடியாது. ஆர்க்கிமிடீ விதியை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளவும். அவனுடைய உடைகள் அவன் பைகளில் இருக்கும் பொருள்கள்-இவை யாவற்றின் எடையும் அவனுடைய பருத்த சரீரம் இடம் பெயரச் செய்த காற்றின் எடையைவிடக் குறைவாயிருந்தால்தான் அவன் உயர "மிதந்திருப்பான்". இந்த அளவு காற்றின் எளிதில் நாம் கணக்கிட்டு விடலாம். நமது கனபரிமாணம் அளவுள்ள நீரின் எடை எவ்வளவோ, ஏறக்குறைய அவ்வளவுதான் நமது எடையும் - சுமார் 60 கிலோகிராம். சாதாரணமாக அடர்த்தியுள்ள காற்று நீரைவிட 770 மடங்கு இலேசானது; எனவே, நமது உடல் இடம் பெறச் செய்யும் காற்றின் எடை 80கிராம்தான் இருக்கும். பைக்ராப்ட் எவ்வளவுதான் பருமனாயிருந்தாலும் அவனது எடை 100 கிலோகிராமுக்குமேல் இருக்க முடியாது. எனவே அவன் நகர்த்தும் காற்றின் எடை 130 கிராமுக்கு மேற்படாது. பைக்ராப்டின் உடைகள், பூட்சுகள், கடிகாரம், பணப்பபை, பிற சாமான்கள் எல்லாம் சேர்ந்து அதைவிட அதிக எடையுள்ளனவாயிருக்கும் என்பதில் சந்தேகமில்லை. அப்படியானால் அவக் தரையின் மீதே இருந்திருக்க வேண்டும். சற்று நிலை தவறுகிறவனாய் வேண்டுமானால் இருக்கலாம்; ஆனால், நிச்சயமாகக் கூரைக்கு மிதந்து சென்றிருக்க முடியாது. முழுவதும் உடை எதுவுமில்லாமல் நிர்வாணமாக இருந்திருந்தால்தான்

அவ்வாறு மிதந்து மேலே எழும்பியிருக்க முடியும். உடையோடு இருக்கும்போது அவன் மேலே எழும்பும் பலூன் ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்ட ஆளைப்போல் இருப்பான். மெல்லத் தாவினாலே போதும் அவன் மேலே எழும்பிவிடுவான்; ஆனால், மீண்டும் (காற்று மட்டும் வீசாதிருந்தால்) கீழே இறங்கி வந்துவிடுவான்.

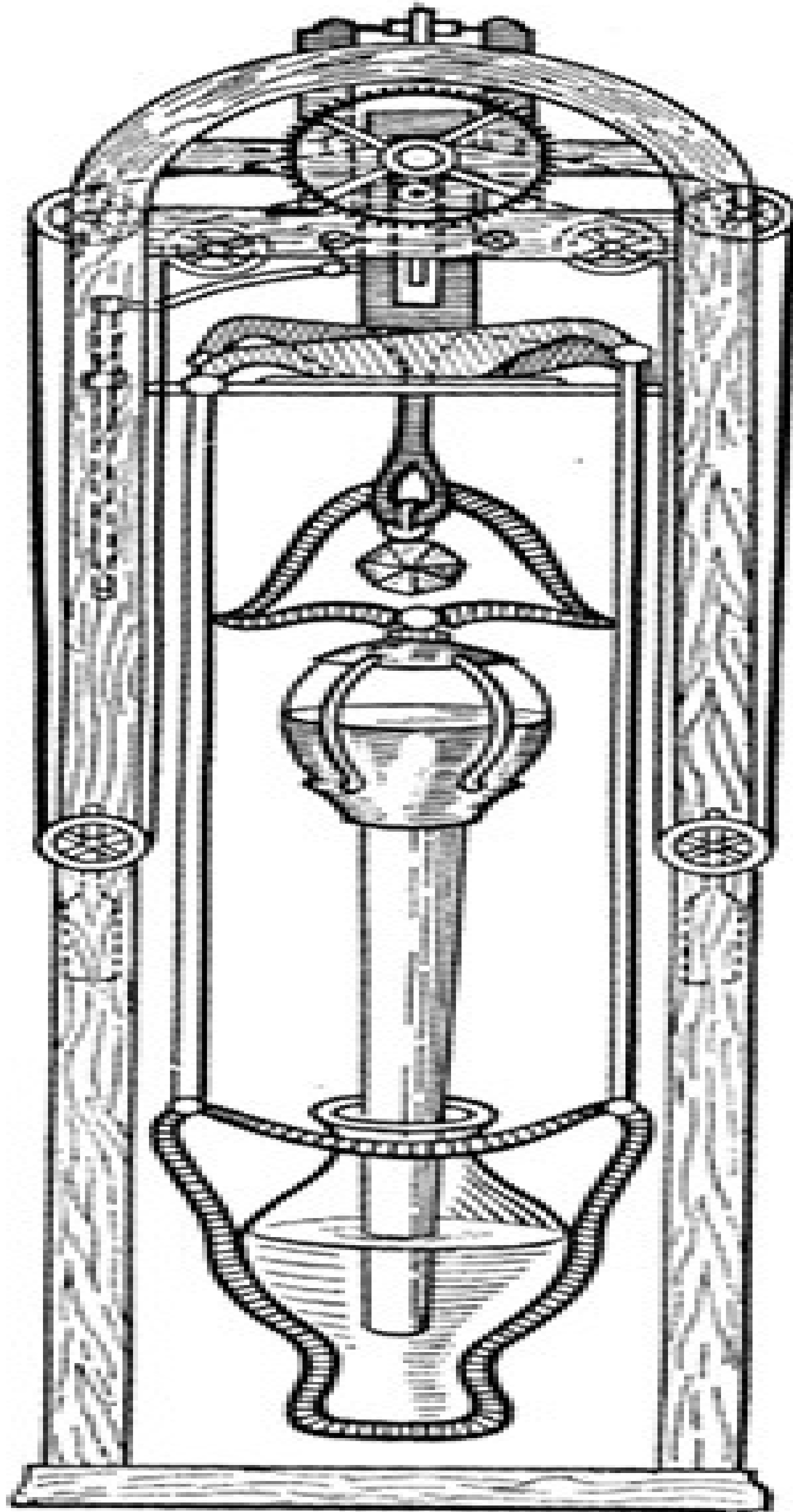
"நிரந்தர" கடிகாரம்

"நிரந்தர இயக்க" இயந்திரங்களைப் பற்றிய சில விவரங்களும் அவற்றைச் செய்ய முயலுவது வீண் வேலை என்பதும் ஏற்கனவே உங்களுக்குத் தெரியும். இப்போது "இலவச விசை" இயந்திரம் எனப்படுவதைப் பற்றிச் சிறிது சொல்லுகிறேன். இதை "இலவச விசை" இயந்திரம் என்று நான் அழைப்பதற்குக் காரணம், மனிதனின் குறுக்கீடு எதுவுமில்லாமல் இயற்கையின் வற்றாத ஆற்றல் மூலங்களிலிருந்து அதன் இயக்கத்திற்கு வேண்டிய விசை கிடைப்பதுதான். நீங்கள் பாதரச அழுத்தமானியையோ "அனிராய்ட்" அழுத்தமானியையோ பார்த்திருப்பீர்கள். முதலாவதில் வளிமண்டல அழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களைப் பொறுத்தப் பாதரசம் ஏறுகிறது அல்லது இறங்குகிறது. அனிராய்ட் அழுத்தமானியிலும் முள்ளை நகர்த்துவது வளிமண்டல அழுத்தமே ஆகும். 16ஆவது நூற்றாண்டிலிருந்த கண்டுபிடிப்பாளர் ஒருவர் இந்த ஏற்பாட்டைக் கொண்டு, ஒருபோதும் நிற்காமல் தானாகவே சாவி கொடுத்துக் கொள்ளும் கடிகாரம் ஒன்றைக் கண்டுபிடித்தார். பிரபல பிரிட்டிஷ் இயந்திரவியலாளரும் வானவியல் அறிஞருமான ஜேம்ஸ் பெர்குஸன் அதை 1774இல் பார்த்துவிட்டுப் பின்வருமாறு எழுதினார்:

"விசித்திரமாக அமைக்கப்பட்ட ஓர் அழுத்தமானியில் இடைவிடாது ஏறியும் இறங்கியும் வரும் பாதரசத்தினால் இயக்கப்பட்டு நிற்காமல் ஓடும் இக்கடிகாரத்தைக் கண்டேன். அழுத்தமானியை அகற்றிவிட்டாலுங்கூட, கடிகாரத்தில் சேர்த்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் இயக்க ஆற்றலே அது ஓராண்டு ஓடுவதற்குப் போதுமானதலால், அது நின்றுவிடுமோ என்னும் ஐயம் ஏற்படக் காரணமில்லை. இதுகாறும் நான் பார்த்தவற்றுள் அமைப்பிலும் சரி, செயலிலும் சரி இதுவே மிகவும் சாமர்த்தியமனா இயந்தி அமைப்பாகும்."

துரதிர்ஷ்டவசமாக, இந்தக் கடிகாரம் திருட்டுப் போய்விட்டது. எனினும், பெர்குல அதன் அமைப்புப் படத்தை வரைந்து வைத்திருந்ததனால், அதைக் காட்ட முடிகிறது.

அது ஒரு பெரிய பாதரச அழுத்தமானியால் ஆகியது. அதிலிருக்கும் இரண்டு கண்ணாடிப் பாத்திரங்களில் சுமார் 150 கிலோகிராம் பாதரசம் இருக்கிறது; மேலும், ஒன்றின் வாய் மற்றொன்றின் வாயில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இரண்டும் ஒருசட்டத்திலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. இரண்டும் தனித்தனியாக இயங்குகின்றன; வளிமண்டலத்தின் அழுத்தம் உயரும்போது, சாமர்த்தியமாக அமைக்கப்படிருக்கும் ஒரு நெம்புகோல் தொகுப்பு மேல் பாத்திரத்தைக் கீழேயும், கீழ்ப் பாத்திரத்தைத் மேலேயும் நகர்த்துகிறது. வணிமண்டலத்தின் அழுத்தம்



படம் 71. "கூரையோடு ஒட்ட வைத்திருந்தது போல் உச்சியில் இருந்தான்."

குறையும்போது, இதற்கு நேர் எதிரிடையான நிகழ்ச்சி நடைபெறுகிறது. இதன் விளைவாய் பல்சக்கரம் (செலுத்தும் சக்கரம்) ஒன்று ஒரே திசையில் இயங்குமாறு செய்யப்படுகிறது. வளிமண்டலத்தின் அழுத்தம் மாறாமல் இருக்கும்போது மட்டும் இது இயங்குவதில்லை. ஆயினும் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் நிலை ஆற்றலினால் கடிகார அமைப்பு இந்த இடைநேரங்களில் இயக்கப்படுகிறது. ஒரே சமயத்தில் எடைகளை உயரும்படிச் செய்வதும், அவை கீழே இறங்கும்போது சுருள்வில் சுருண்டு கொள்ளும் படிச் செய்வதும் அவ்வளவு எளிதில்லை. எனினும், பண்டைய கடிகார வினைஞர்கள் திறமைசாலிகளாகவே இருந்தனர். வளிமண்டல அழுத்தத்தின் மாறுதல்களினால் உண்டாக்கப்பட்ட ஆற்றல் தேவைக்கு அதிகமாகவே இருந்தது; எடைகள் கீழே வருவதற்கு முன்னமேயே அவற்றை உயரும்படிச் செய்தது. எனவே பளுக்கள் உயரச் சென்ற பிறகு ஒழுங்கான இடைநேரங்களில் அவற்றை நிறுத்திவிடுவதற்கென ஒரு தனி ஏற்பாட்டைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டியிருந்தது.

இத்தகைய “இலவச விசை” இயந்திரங்களுக்கும் “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரங்களுக்குமுள்ள வேறுபாடு தெளிவு, “இலவச விசை” இயந்திரகளில் சூன்யத்திலுருந்து ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யப்படவில்லை; “நிரந்தர இயக்க” இயந்திர அமைப்பாளர்கள் இதைத்தான் செய்ய முயன்றனர். வெளியிடத்திலிருந்து - நமது எடுத்துக்காட்டில், சூரிய வெளிச்சத்தினால் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் சுற்றுப்புற வளிமண்டலத்திலிருந்து இவ்வாற்றல் கிடைக்கிறது. “இலவச விசை” இயந்திரத்தைச் செய்யப் பெரும்பாலும் செலவு மிகவும் அதிகமாகிவிடுகிறது. இல்லையேல் “நிரந்தர இயக்க” இயந்திரத்லிருந்து - அப்படி அதே அனுகூலம் “இலவச விசை” இயத்திரத்திலிருந்தும் கிடைக்கும்.

ஏனைய “இலவச விசை” இயந்திரங்களைப் பற்றியும் அவற்றைச் செய்வது வியாபார நோக்கில் ஏன் சிறிதும் லாபகரமாயில்லை என்பதைப் பற்றியும் பிறகு கூறுகிறேன்.



அத்தியாயம் ஆறு: வெப்பம்

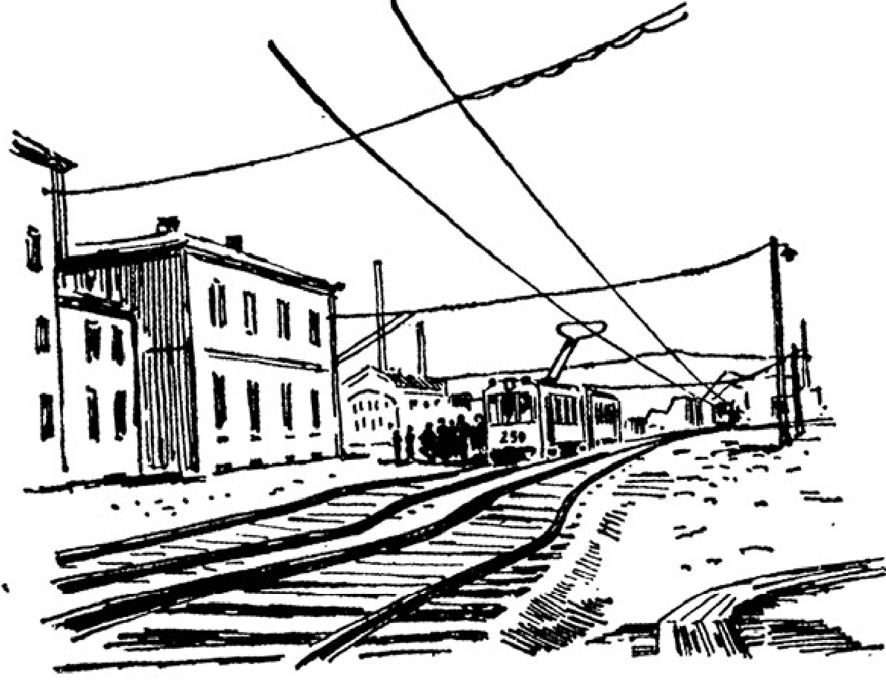
அக்தியாபர்ஸ்கயா ரயில்பாதை எப்போது அதிக நீளமாயிருக்கிறது?

அக்தியாபர் கயா ரயில்பாதையின் [1] நீளம் என்ன என்று கேட்டபோது "சராசரி நீளம் 640 கிலோமீட்டர். ஆனால் குளிர் காலத்தில் இருப்பதைக் காட்டிலும் கோடைக்காலத்தில் 300 மீட்டர் அதிகமாகிவிடுகிறது" என்றார் ஒருவர்.

அப்படி ஒன்றும் இது அபத்தமான விடை அல்ல. ரயில் பாதையின் நீளம் என்பது அப்பாதையிலுள்ள எல்லாத் தண்டவாளங்களின் மொத்த நீளம் என்றால், அது குளிர்காலத்தைக் காட்டிலும் கோடைக்காலத்தில் அதிகமாகத்தான் இருக்க வேண்டும். வெப்பத்தினால் எஃகுத் தண்டவாளங்கள் ஒவ்வொரு சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கும் தங்களது நீளத்தில் 1,00,000 ஒரு பங்கு நீள்கின்றன என்பதை மறந்து விடாதீர்கள். வெய்யில் மிகுதியாக காயும் கோடை நாளில் தண்டவாளங்களின் வெப்ப நிலை 300-400 செட்டிகிரோடுக்கும் அதற்கு மேலுங்கூட உயரும். சில சமயம் கையைச் சுட்டுவிடும் அளவிற்குக்குகூட அவை சூடாகிவிடுகின்றன. குளிர் காலத்தில் உறை நிலைக்குக் கீழே 250 சென்டிகிரேடுக்கும், அதற்குக் கீழுங்கூட குறையும். கோடைகால வெப்பநிலைக்கும் குளிர்கால வெப்ப நிலைக்குமுள்ள வித்தியாசம் 550 என்று வைத்துக் கொள்ளலாம்; ரயில் பாதையின் மொத்த நீளத்தை (640 கி.மீ.ஐ) 0.00001ஆலும் மறுபடியும் 55ஆலும் பெருக்கினால் நமக்குக் கிடைப்பது கிலோமீட்டரில் மூன்றில் ஒரு பங்கு. எனவே மாஸ்கோ-லெரனின்கிராத் ரயில்பாதை குளிர்காலத்தைவிடக் கோடைக் காலத்தில் கிலோமீட்டரில் மூன்றில் ஒரு பங்கு, அதாவது கிட்டத்தட்ட 300 மீட்டர், அதிக நீளமாயிருக்கிறது.

உண்மையில், ரயில்பாதையின் நீளம் மாறுவதில்லை; எல்லாத் தண்டவாளங்களின் மொத்த நீளம்தான் மாறுகிறது. இவை இரண்டும் ஒன்றாகா. ஏனெனில், ரயில்பாதையின் தண்டவாளங்கள் ஒன்றையொன்று நேரடியாகத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதில்லை. வெப்பமடையும் போது அவை தாராளமாக நீள்வதற்காக, அவற்றின் இணைப்புக்களுக்கிடையே சிறிய இடைவெளிகள் விட்டுவைக்கப்படுகின்றன. (இந்த இடைவெளி 8 மீட்டர் தண்டவாளங்களுக்கு பூஜ்ய வெப்ப நிலையில் 6 மி.மீ. நீளம் இருக்க வேண்டும். நீள்வதால் அவ்விடைவெளி முழுவதும் மறைவதற்குத்

தண்டவாளங்களின் வெப்பநிலை சென்டிகிரேட் அளவில் 650 உயர வேண்டும். சில தொழில் நுட்பக் காரணங்களுக்காக டிராம் தண்டவாளங்களில் இவ்விடைவெளிகளை விட்டு வைக்க முடிவதில்லை தண்டவாளங்களைத் தரையில் புதைத்திருப்பதால், அவற்றின் வெப்ப மாறுபாடு அதிகமாயிருப்பதில்லை. நிற்க, தண்டவாளங்களைத் தரையில் இருத்தி வைக்க கையாளப்படும் முறை அவை வளைவதை தடுத்துவிடுகிறது. ஆயினும், புகைப்படம் ஒன்றிலிருந்து வரையப்பட்ட படம் 73இல் காண்பது போல், மிகவும் வெப்பமான நாளில் அவை வளையவே செய்கின்றன. சிலசமயம் ரயில்பாதையின் தண்டவாளங்களும் இதே போல வளைவதுண்டு. சாய்வான பகுதிகளில் செல்லும் போது, ரயில்வண்டி தண்டவாளங்களை - சிலசமயம் அவற்றின் அடிக்கட்டைகளோடுகூட இழுக்கிறது. அதன் விளைவாக, அத்தகைய பகுதிகளில் இடைவெளிகள் மறைந்துபோய், தண்டவாளங்கள் நேரடியாகவே ஒன்றையொன்று இடித்துக் கொள்ளுகின்றன.) நாம் செய்த கணக்கிலிருந்து, எல்லாத் தண்டவாளங்களின் மொத்த நீளம் இவ்விடைவெளிகளின் மொத்த நீளத்தின் செலவில் அதிகரிக்கிறது. நமது எடுத்துக்காட்டில், மொத்த நீளம் பனிக்காலத்தில் குளிர் மீகுந்த நாளில் இருப்பதைவிட மிகவும் வெப்பமான கோடை நாளில் 300 மீட்டர் அதிகமாயிருக்கிறது. ஆகவே, அகத்யாபர் கயா ரயில் பாதை குளிர்காலத்தைவிடக் கோடைக்காலத்தில் உண்மையிலேயே 300 மீட்டர் அதிக நீளமுள்ளதாகிவிடுகிறது.



படம் 73. டிராம் தண்டவாளங்கள் மிகவும் வெப்பமான நாட்களில் வளைகின்றன.

தண்டிக்கப்படாத திருடன்

மாஸ்கோ-லெனின்கிராத் ரயல்பாதையில் ஒவ்வொரு குளிர்காலத்திலும் விலைமிகுந்த தந்தி, டெலிபோன் கம்பிகளில் நூற்றுக்கணக்கான மீட்டர்கள் இருந்த இடம் தெரியாது மறைந்து போகின்றன. ஒருவரும் கவலைப்படுவதில்லை; ஏனெனில், குற்றவாளி யார் என்பது அனைவருக்கும் தெரியும்! அவற்றைத் திருடுவது வேறு யாருமில்லை, கடுங்குளிர்தான். தண்டவாளங்களுக்குச் சொல்லியது கம்பிகளுக்கும் பொருந்தும். ஒரே ஒரு வேறுபாடு என்னவெனில், செப்பு டெலிபோன் கம்பிகள் சூடாக்கப்படும் போது அவை எஃகைவிட ஒன்றரை மடங்கு அதிகம் நீளும். இடைவெளிகள் இல்லாததானால் கோடைக் காலத்தைவிடக் குளிர் காலத்தில் மாஸ்கோ லெனின்கிராத் டெலிபோன் கம்பிகளின் நீளம் மெய்யாகவே 500 மீட்டர் குறைவாயிருக்கிறது என்று ஆட்சேபனையின்றிக் கூறலாம். ஒவ்வொரு குளிர்காலத்திலும் உறைபனி அரை கிலோமீட்டர்க் கம்பியைத் திருடிவிடுகிறது; அதைத் தண்டிப்பார் யாருமில்லை! ஆனால், அதனால் தந்திப் போக்குவரத்திற்கு ஒரு தடையும் ஏற்படுவதில்லை. மேலும், திருடப்பட்டது முழுவதும் வெப்பமான நாட்கள் வரும்போது மீண்டும் திருப்பி அளிக்கப்பட்டுகிறது!

ஆனால், கடுங்குளிரினால் பாலங்கள் சுருங்கினால், அதன் விளைவுகள் மிகவும் அபாயமானவை. 1927 டிசம்பரில் செய்தித்தாள்களில் கீழ்க்காணும் செய்தி வெளிவந்திருந்தது.

"அண்மையில் பிரான்சில் இருந்து வரும் அசாதாரணமான கடுங்குளிரினால் பாரிஸின் நடுவில் ஸீன் நதிக்குக் குறுக்கேயிருக்கும் பாலத்திற்குப் பலத்த சேதம் ஏற்பட்டுள்ளது. கடுங்குளிரினால் பாலத்தின் இரும்புக் கட்டுமானம் சுருங்கியது; பாலத்திலிருந்த கடைகள் தூக்கி எறியப்பட்டன. பாலத்தின் போக்குவரத்து தற்காலிகமாக நிறுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளது."

ஈபெல் கோபுரத்தின் உயரம் என்ன?

ஈபெல் கோபுரத்தின் உயரம் என்ன என்று கேட்டால், "300மீட்டர்" எனப் பதில் சொல்வதற்குமுன் எந்தப் பருவத்தில் - குளிர்காலத்திலா, வெளியில் காலத்திலா - என்பதை அறிய விரும்புவீர்கள். அவ்வளவு பெரிய எஃகுக் கோபுரத்தின் உயரம் எல்லா வெப்பநிலைகளிலும் ஒரே மாதிரியாகயிருக்க முடியாது. 300 மீட்டர் நீளமுள்ள எஃகுக் கம்பியை செண்ட்டிகிரேட் அளவில் ஒரு டிகிரி சூடாக்கினால், அது 3 மி.மீ. நீளம் என்பது நமக்குத் தெரிந்ததே. ஈபெல் கோபுரத்தின் உயரமும், வெப்பநிலை ஒரு டிகிரி உயரும் போது, ஏறக்குறைய அதே அளவு அதிகரிக்கும். வெப்பமான வெய்யில் காலத்தில் கோபுரத்தின் எஃகுக் கட்டமைப்பு பாரிஸில் சென்டிகிரேட் முறையில் பூஜ்யத்திற்கு மேல் 40 டிகிரிக்கு வெப்படையும்; குளிர்ந்த மழை நாளில் அதன் வெப்பநிலை 10 டிகிரிக்கும், குளிர்காலத்தில் பூஜ்யத்திற்கும் அதற்குக் கீழே 10 டிகிரிக்கும் (அதிகமான கடுங்குளிர் பாரிஸில் அரிது) குறையும். வெப்பநிலை வேறுபாடு 40 டிகிரி அல்லது அதற்கும் அதிகமாக இருக்கிறது. அதாவது ஈபெல் கோபுரத்தின் உயரம் 3x40-120 மி.மீ. - 12 செ.மீ. அதிகமாகவோ குறைவாகவோ இருக்கலாம்.

நேரடியாக அளந்து பார்த்தபோது, ஈபெல் கோபுரம் வெப்பநிலை வேறுபாடுகளினால் காற்றைவிட அதிக அளவிற்குப் பாதிக்கப்படுகிறது என்பது தெரிய வந்தது. விரைவாகவே அது வெப்பம் அடைகிறது: விரைவாகவே குளிர்ச்சியும் அடைகிறது. மேகம் இருக்கும் நாளில் திடீரெனச் சூரியன் வெளிப்பட்டால் அதனால் விரைவாகவே பாதிக்கப்படுகிறது. ஈபெல் கோபுரத்தின் உயரத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், வெப்பநிலை வேறுபாடுகள் அனேகமாகப் பாதிக்காத நிக்கல் - எஃகுக் கலவையினாலான கம்பியைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

இவ்வற்புதமான கலப்பு உலோகத்தின் பெயர் 'இன்வார்'; அதாவது 'மாறாதது' என்னும் பொருளுடைய லத்தீனச் சொல்லிருந்து தோன்றியது. எனவே, குளிர் நாளைவிட வெய்யில் நாளில் ஈபெல்கோபுரத்தின் உயரம் 12 செ.மீ. அதிகமாகிவிடுகிறது. ஒரு காசுங்கூட செலவில்லாமல் இந்த உருக்குக் கோபுரம் 12 செ.மீ. அதிக உயரமுடையதாகிவிடுகிறது.

தேநீர் டம்ளர் முதல் நீர்மட்டக் கருவி வரை

சூடான தேநீரால் கண்ணாடி தெறித்துப் போகாமல் இருக்கும் பொருட்டு, அனுபவமுள்ளவர்கள் கண்ணாடி டம்ளரில் தேக் கரண்டியைப் போட்டு பிறகு தேநீரை ஊற்றுவதைப் பார்க்கலாம். வெள்ளிக் கரண்டியாய் இருந்தால் இன்னம் நல்லது. அனுபவம் வாயிலாய் தெரிந்து கொண்டு இவர்கள் இப்படிச் செய்கிறார்கள்.

ஆனால், இதன் அடிப்படைக் - கோட்பாடு என்ன? சூடான தேநீரால் டம்ளர் உடையக் காரணம் என்ன?

ஏனெனில், கண்ணாடி ஒரேசீராக விரிவடைவதில்லை. டம்ளரில் வெந்நீரை விட்டவுடன் அதன் சுவர்முழுவதும் உடனே சூடாகிவிடுவதில்லை. முதலில் உட்புற அடுக்கு சூடாகிறது; வெளிப்புற அடுக்கோ குளிர்ந்தே இருக்கிறது. சூடேறிய உட்புற அடுக்கு உடனே விரிவடைகிறது. வெளிப்புற அடுக்கு இன்னும் விரியாமல் இருப்பதால் உட்புறமிருந்து அதன்மீது பலமான அழுத்தம் ஏற்படுகிறது. அது வெடித்து, கண்ணாடி உடைகிறது.

தடிமனான டம்ளர்களைப் பயன்படுத்தி இதைத் தடுத்துவிடலாம் என்று நினைக்காதீர்கள். மாறாக, மெல்லிய கண்ணாடியை விடத் தடிமனான கண்ணாடியே விரைவில் வெடிக்கக் கூடும். ஏனெனில், மெல்லிய கண்ணாடி விரைவாகச் சூடடைந்துவிடுகிறது; அதன் வெப்பநிலையும் விரைவில் சீராகிவிடுகின்றன. தடிமனான டம்ளர் மெல்லவே சூடடைகிறது.

மெல்லிய கண்ணாடி டம்ளரை வாங்கும்போது, அதன் அடியும் மெல்லியதாயிருக்கிறதா என்பதைக் கவனித்துப் பார்க்கவும். ஏனெனில், அடிப்பகுதிதான் விரைவில் சூடாகிறது. டம்ளரின் சுவர்கள் எவ்வளவு மெல்லியதாயிருந்த போதிலும், அடிப்பகுதி தடியாயிருந்தால் அது வெடித்து விடும். அடி விளிம்பு தடியாயிருக்கும் டம்ளர்களும் பீங்கான் கிண்ணங்களும் அவ்வாறே வெடித்துவிடுகின்றன.

கண்ணாடிப்பாத்திரத்தின் சுவர் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு மெல்லியதாய் இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதிகமாக இதனைச் சூடாக்க முடியும். அடுப்பின்மீது வைத்துநீரைக் கொதிக்க வைப்பதற்கு ரசாயனிகள் மிக மெல்லிய சுவருள்ள கண்ணாடிப் பாத்திரங்களையே பயன்படுத்துகின்றனர். சூடாக்கினால் சிறிதளவுகூட விரிவடையாததே சிறந்த பாத்திரம் ஆகும். 'குவார்ட்' என்னும் பொருளுக்கு ஏறக்குறைய இவ்வியல்பு இருக்கிறது; கண்ணாடியைவிட 15-20 மடங்கு குறைவாக இது விரிவடைகிறது. தெளிவான 'குவார்ட்ஸினால்' ஆகிய தடித்த சுவர்களுள்ள பாத்திரத்தைச் சூடாக்கினாலும் சரி, செஞ்சூட்டு நிலையிலேயே அதைப் பனிக்கட்டித் தொட்டியில் முக்கினாலும் சரி அது உடைவதில்லை. (சோதனைக்கூடங்களுக்கு 'குவாரட்' பாத்திரங்கள் மிகவும் தகுதியானவை; ஏனெனில், 1,700 டிகிரி சென்டிகிரேடில் தான் அது உருகிறது.) 'க்வார்ட்' சாதாரணக் கண்ணாடியைவிட வெப்பத்தை விரைவாகக் கடத்துவதும் இதற்கு ஒரு காரணமாகும்.

விரைவாகச் சூடாக்கும் போது மட்டுமின்றி, விரைவாகக் குளிர்வித்தாலும் கண்ணாடி டம்ளர்கள் வெடித்துப் போகின்றன. குளிர்விக்கும்போது, கண்ணாடி சீராகச் சுருங்காததனால் டம்ளர் உடைந்துவிடுகிறது. குளிர்ச்சி அடையும்போது வெளிப்புற அடுக்குகள் சுருங்கி, இன்னமும் குளிர்ச்சி ைஅடயாது சுருங்காமலிருக்கும் உட்புறத்தை அழுத்துகின்றன. சூடான 'ஜாம்' இருக்கும் ஜாடியைக் குளிரான இடத்திலோ குளிர்ந்த நீருக்குள்ளேயோ வைக்கக் கூடாது.

இப்போது, தேநீர்க் கரண்டியை மீண்டும் கவனிக்கலாம். கண்ணாடி உடைந்து போகாமல் எப்படி அது பாதுகாக்ககிறது? மிகவும் சூடான நீரைக் கண்ணாடியில் உடனே ஊற்றும்போதுதான் உட்புற, வெளிப்புற அடுக்குகள் விரிவடைவதில் பெரும் வேறுபாடு உண்டாகிறது. எனினும், மிதமான வெப்பமுள்ள நீரினால் கண்ணாடி வெடிப்பதில்லை. தேநீர்க் கரண்டியை வைத்திருந்தால் என்ன நடக்கிறது? மிகவும் சூடான நீரை ஊற்றினால், அதன் வெப்பத்தில் ஒரு பகுதி, வெப்பத்தை நன்கு கடத்தும் இயல்புள்ள உலேகத்தாலானா கரண்டிக்குச் சென்றுவிடுகிறது. எனவே, நீரின் வெப்பநிலை குறைந்துவிடுகிறது. மித வெப்பமுள்ள நீராக அது ஆகிவிடுவதால், அதனால் ஆபத்து எதுவும் இல்லை. இதற்குள் கண்ணாடியும் சூடடைந்துவிடுவதால், மேலும் வெப்பமான நீரை ஊற்றினாலும் அது வெடிப்பதில்லை.

சுருங்கச் சொன்னால், உலோகத்தாலான தேநீர் கரண்டி, சிறப்பாக அதுகனமானதாயிருந்தால், கண்ணாடி சீரின்றி வெப்பமடைவதை நிறுத்தி அது வெடிப்பதைத் தடுக்கிறது.

ஆனால், வெள்ளிக் கரண்டி ஏன் இன்னும் சிறந்தது? வெள்ளி மிகச் சிறந்த வெப்பக்கடத்தியாகும். வெந்நீர்லிருந்து செப்புக் கரண்டியைவிட விரைவாக அதனால் வெப்பத்தை எடுத்துவிட முடியும். சூடான தேநீருள்ள டம்ளரில் இருக்கும் வெள்ளிக் கரண்டியைத் தொட்டால் அது நமது விரலைச் சுட்டுவிடுகின்றது. செப்புக் கரண்டி அம்மாதிரி செய்வதில்லை. எனவே, தொட்டுப் பார்த்தே கரண்டி எந்த உலோகத்தினால் ஆகியது என்பதைச் சுலபமாகச் சொல்லி விட முடியும்.

கண்ணாடிச் சுவர்கள் சீரின்றி விரிவடைவதனால் ஆபத்து ஏற்படுவது தேநீர் டம்ளர்களுக்கு மட்டுமல்ல, கொதிகலங்களில் மிக முக்கிய உறுப்புகளான நீரின் மட்டத்தைக் காண்பிக்கும் - நீர் மட்டக் கருவிகளுக்கும் இக்கதி நேரலாம். சூடான நீராவியினாலும் நீரினாலும் அவை வெப்பமடையும் போது கண்ணாடிக் குழாய்களாலான அவற்றின் உட்புற அடுக்குகள் வெளிப்புற அடுக்குகளைவிட அதிகமாக விரிவடைகின்றன. அத்துடன் நீராவியினாலும் நீரினாலும் அக்குழாய்களில் ஏற்படும் பெரும் அழுத்தத்தையும் சேர்த்துக் கொண்டால் அவை எளிதில் வெடிக்கக்கூடும் என்பதை உணரலாம். இதைத் தடுக்கும் பொருட்டு, சிலசமயம் அவை வெவ்வேறு வகைக் கண்ணாடிகளாலான அடுக்குகளினால் செய்யப்படுகின்றன. உட்புற அடுக்கு குறைவாகவும் வெளிப்புற அடுக்கு அதிகமாகவும் விரிவடைகறிது.

குளியல் அறையில் பூட்சு

“குளிர்காலத்தில் பகல் குறுகியும் இரவு நீண்டும், கோடையில் இதற்கு மாறாகவும் ஏன் இருக்கிறது? குளிர் காலத்தில் பகல் குறுகி இருப்பதற்குக் காரணம், கண்ணுக்குத் தெரிவனவும் தெரியாதனவுமான வேறு எல்லாப் பொருள்களையும் போன்றே, குளிரினால் அது சுருங்குகிறது. இதற்குள் இரவு நீள்கிறது விளக்குகள் ஏற்றப்படுவதால் அது சூடடைகிறது.” 19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த ருஷ்ய எழுத்தாளர் சேகவின் கதை ஒன்றில், ஓய்வு பெற்ற காஸ்ஸக் ஸார்ஜன்டின் இந்த “விளக்கம்” எவ்வளவு வேடிக்கையாகவும் முட்டாள்தனமாகவும் இருக்கிறது, பார்த்தீர்களா? எனினும், அத்தகைய “புத்திசாலித்தனமான” வாதத்தைக் கேலி செய்பவர்களுகூட அம்மாதிரி முட்டாள் தனமான தத்துவங்களைச் சிலசமயம் தருகின்றனர். குளியல் அறையில் குளிக்கும்போது

“சூடாக்கப்பட்ட பாதம் பெரியதாகிவிட்டதால்” பூட்சுக்குள் கால்போவதில்லை என்னும் கதையைக்கேட்டிருக்கிறீர்களா? ஒரு பழைமையான எடுத்துக்காட்டு; ஆனால், முற்றிலும் தவறான விளக்கம்!

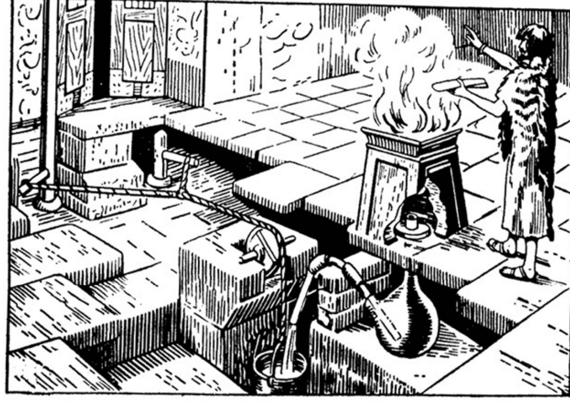
முதலில், குளியல் அறையில் இருக்கும்போது ஒருவருடைய வெப்பநிலை ஒரு சென்டிகிரேட் டிகிரிக்கு மேல் உயருவதில்லை. ‘டர்க்கிஷ்’ குளியல் என்பதில் மட்டுமே இரண்டு டிகிரி உயரும். சுற்றுப்புற வெப்பத்தினால் நமது உடல் நிலையிலேயே எப்போதும் இருக்கிறது. மேலும், நமது உடலில் வெப்பநிலையில் ஏற்படும் இந்த “உயர்வு” காரணமாக நமது உடலின் கனபரிமாணத்தில் உண்டாகும் அதிகரிகப்பு மிகமிக அற்பமானது; பூட்சு போட்டுக் கொள்ளும்போது, அதை உணர முடியாது. நமது எலும்புகளும் சதையும் பதினாயிரத்தில் சில பகுதிகளுக்கு மேல் ஒருபோதும் விரிவடைவதில்லை. எனவே, நமது பாதத்தின் அடிப்பகுதியும் அதிலுள்ள வளைவும் சென்டி மீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்கே விரிவடைய முடியும். பூட்சுகளும் ஜோடுகளும் அவ்வளவு திட்டமாய்த் தைக்கப்படுவதில்லை. சென்டிமீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்கு என்பது ஒரு மயிரிழையின் தடிமன்தான்.

இருப்பினும், வெந்நீரில் குளித்தவுடன் பூட்சைப் போட்டுக் கொள்வது சிரமமாகவே இருக்கிறது. ஆயினும், இதற்குக் காரணம் வெப்பத்தினால் பாதம்விரிவடைவது அன்று. ரத்தம் பாதத்திற்கு அதிகமாகப் பாய்கிறது. அதனால், தோல் விரிகிறது; மேலும் பாதம் ஈரத்தால் மிருதுவாகி உப்பிவிடுகிறது. இவைதான் காரணம் - சுருக்கமாகச் சொன்னால், வெப்பத்தினால் ஏற்படும் விரிவடைந்தலுடன் எவ்வகையிலும் சம்பந்தப்படாதவைகளே காரணமாகும்.

எப்படி அற்புதங்களை நிகழ்துவது?

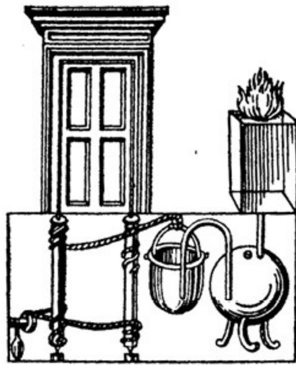
தமது பெயருள்ள பீச்சுக் குழாயைக் கண்டுபிடித்த கிரேக்க கணிதவியலாளரும், எந்திரவியல் அறிஞருமான அலெக் பாண்டிரியாவைச் சேர்நத் ஹரோ என்பவர் “அற்புதங்களினால்” பக்தர்களைக் கவர்வதற்கு எகிப்தியக் குருமார்கள் உபயோகித்த இரண்டு தந்திர அமைப்புகளைப் பற்றி விவரித்திருக்கிறார்.

படம் 74ல் அத்தகைய அமைப்பு ஒன்றைக் காணலாம். கோவில் கதவுகளுக்கு முன்பாக உட்குடைவான உலோகப்பீடம் ஒன்றையும், தரைக்குக் கீழே



படம் 74. எகிப்தியக்கோவில் "அற்புதத்தின் விளக்கம்". பீடத்தில் தூபப் பொருள் எரியும் போது கதவுகள் திறந்து கொள்ளுகின்றன.

கதவுகளைத் திறக்கச் செய்யும் ஓர் ஏற்பாட்டையும் அதில் காணலாம். தூபப்பொருளை எரிக்கும்போது பிடத்திலுள்ள காற்று சூடாகி, தரைக்குக்கீழே மறைத்துவைக்கப்பட்டிருக்கும் பாத்திரத்தில் உள்ள நிரை அழுத்துகிறது. அதன்விளைவாக நீர் ஒரு குழாயின் வழியாக ஒரு வாளியினுள் ஊற்றுகிறது. வாளியில் நீர் நிரம்பி அது கனமாகியதும் கீழே இறங்கி கதவுகளைத் திறக்கும் அமைப்பை இயங்கச் செய்கிறது (படம் 75). பக்தர்கள் என்னவோ "அற்புதம்' ஒன்றைப் பார்த்தாகவே எண்ணினர் தூபப்பொருளைப் போட்டு, பிரார்த்தனை தொடங்கியவுடன், கதவுகள் தாமாகவே திறந்து கொண்டன! மறைத்து வைக்கப்பட்டிருந்த அமைப்பைப் பற்றி அவர்களுக்குத் தெரியாது.



படம் 75. கோவில் கதவுகள் எப்படித் திறந்துகொள்கின்றன என்பதை விளக்கும் சித்திரம். (படம் 74 உடன் ஒப்பிடவும்,)

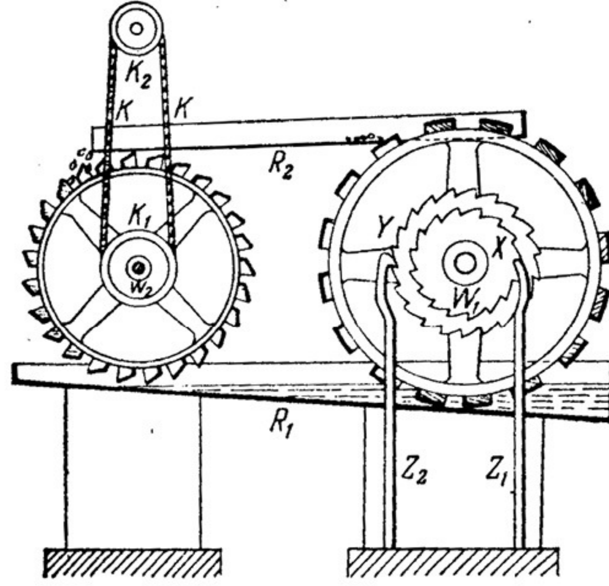


படம் 76. பண்டைய குருமார்களின் மற்றொரு போலி அற்புதம். தூபப்பொருள் "முடிவில்லாது" எப்படி புனிதத் தீயில் சொட்டுகிறது என்பதை விளக்குகிறது.

குருமார்கள் நிகழ்த்திய மற்றொரு போலி “அற்புதத்தைப்” படம் 76இல் பார்க்கலாம். தூபப்பொருள் எரிக்கப்படும் போது வெப்பமடைந்து விரிவடைந்த காற்றினால் தரைக்குக் கீழேயுள்ள தொட்டியிலிருந்து மேலும் சிறிதளவுத் தூபப்பொருள், குருமார்களுடைய உடல்களில் மறைத்துவைக்கப்பட்டிருக்கும் குழாய்கள் வழியாக வருகிறது. “அணையாத” சவாலை என்னும் “அற்புதத்தை” மட்டுமே பக்தர்கள் கண்டனர். எனினும், அங்கிருந்த பூசாரி தட்சிணை குறைவாயிருப்பதாக எண்ணினால், எவருக்கும் தெரியாமல் தொட்டியிலுள்ள அடைப்பானை எடுத்துவிடுவார்; அப்போது தூபப்பொருள் வராது. ஏனெனில் விரிவடைந்த காற்று வெளியே செல்வதற்கு வேறு வழி கிடைத்துவிடுகிறது அல்லவா?

தானாக சாவி கொடுத்துக் கொள்ளும் கடிகாரம்

சென்ற அத்தியாயத்தில் இறுதியில் தானாகவே சாவி கொடுத்துக் கொள்ளும் கடிகாரம் ஒன்றை பற்றிக் கூறினேன்; அதன் செயல்முறைக் கோட்பாடு வளிமண்டல அழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களைப் பொறுத்திருந்தது. இப்போது, அதே மாதிரியான, தாமாகவே சாவி கொடுத்துக் கொள்ளும் கடிகாரங்களை பற்றிச் சொல்லுகிறேன். இவற்றின் கோட்பாடு வெப்பத்தினால் ஏற்படும் விரிவை ஆதாரமாகக் கொண்டிருப்பதாகும். அத்தகைய ஒரு கடிகாரத்தின் அமைப்பைப் படம் 77 காட்டுகிறது. அதன் முக்கியப் பகுதி, அதிகமான வெப்ப விரிவு எண் உடைய, தனி வகைக் கலப்பு உலோகத்திலான Z1, Z2 என்னும் கம்பிகளால் ஆகியுள்ளது. வெப்பத்தினால் விரிவு ஏற்படும் போது, Z1 கம்பி X சக்கரத்தின் பற்களை இயக்கி அதைச் சுழற்றுகிறது.



படம் 77. தானாகவே சாவி கொடுத்துக்கொள்ளும் கடிகாரத்தின் சித்திரம்.

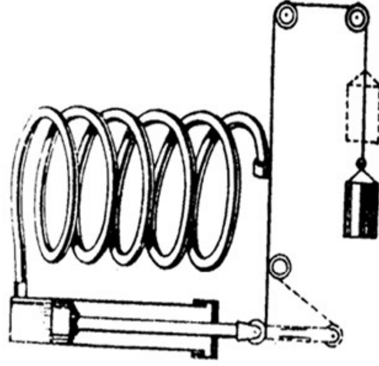
குளிரினால் சுருங்குதல் நிகழும்போது **Z2** கம்பி **Y** சக்கரத்தின் பற்களை இயக்கி அதே திசையில் அச்சக்கரத்தைச் சுழற்றுகிறது. இரு சக்கரங்களும் **W1** என்னும் தண்டுமீது அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இத்தண்டு தொட்டித் துடுப்புகளுடன் கூடிய பெரிய சக்கரம் ஒன்றைச் சுழற்றுகிறது. இந்தத் தொட்டி துடுப்புகள் **R1** என்னும் கொள்கலத்தில் இருக்கும் பாதரசத்தை அதற்கு எதிர்த்திசையில் சாய்வாக அமைக்கப்பட்டுள்ள **R2** என்னும் மற்றொரு கொள்கலத்திற்கு எடுத்துச் சென்று கொட்டுகின்றன. இக் கொள்கலத்திலிருந்து தொட்டித் துடுப்புகளைக் கொண்ட இடது புறச் சக்கரத்திற்குப் பாதரசம் சரிந்து வருகிறது. பாதரசம் இந்த இரண்டாவது சக்கரத்தின் தொட்டித் துடுப்புகளில் நிறையும் போது, இச்சக்கரம் சுழன்று, முழு சக்கரத்தையும் **K2** சக்கரத்தையும் சுற்றிச் செல்லும் முழு சங்கிலியை இயக்குகிறது; பெரிய சக்கரம் இருக்கும் **W2** என்னும் தண்டின் மீதே **K1** அமைந்திருக்கிறது; **K2** சக்கரம் கடிகாரத்திற்குச் சாவி கொடுக்கிறது. இதற்குள், இடது புறச் சக்கரத்திலுள்ள தொட்டித் துடுப்புகளிலிருந்து பாதரசம் சாய்வான **R1** என்னும் கொள்கலத்தில் விழுந்து, இங்கிருந்து வலதுபுறச் சக்கரத்தை அடைகிறது. பிறகு மறுபடியும் இதே விதமாக நிகழ்கிறது.

Z1 Z2 கம்பிகள் இரண்டும் விரிந்து சுருங்கும்போது, இக்கடிகாரம் ‘டிக், டிக்’ என்று அடித்துக் கொண்டேயிருக்கும். கடிகாரத்திற்குச் சாவி

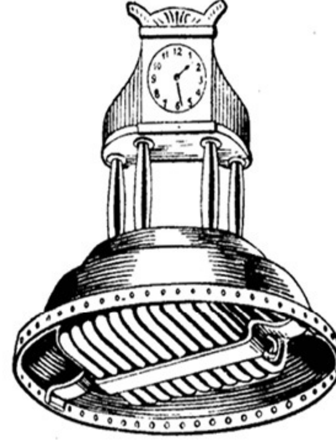
கொடுக்க வேண்டியதற்குத் தேவையானது, காற்றின் வெப்பநிலை மாறி மாறி ஏறிக்கொண்டும் இறங்கிக் கொண்டும் இருக்க வேண்டியதுதான்; இது நமது குறுக்கீடு இல்லாமலேயே நிகழ்வதாகும். எனவே, இக்கடிகாரத்தை ஒரு "நிரந்தர இயக்க" இயந்திரம் என்று சொல்ல முடியாது? நிச்சயமாக முடியாது. கடிகாரம் இயந்திர அமைப்பு தேயும் வரை முடிவில்லாது ஓடிக் கொண்டேயிருக்கும் ஆனால், அதை ஓடச் செய்வது சுற்றிலுமுள்ள காற்றின் வெப்பமே ஆகும். வெப்பத்தினால் விரிவு ஏற்படும் போது செய்யப்படும் வேலையை (ஆற்றலை) கடிகாரம் சேமித்து வைத்துக் கொண்டு, தனது முட்களை நகர்த்துவதற்குச் சிறிது சிறிதாக அதைச் செலவழிக்கிறது. அதிகக் கவனமோ, முதலீடோ தேவையில்லாததனால் இது உண்மையிலேயே ஓர் "இலவச விசை" இந்தியரமாகும். ஆனால், சூன்யத்திலிருந்து இது அற்றலை உற்பத்தி செய்யவில்லை. இதன் ஆற்றலின் ஆதாரம் பூமியைச் சூடாக்கும் சூரியனின் வெப்பமேயாகும்.

அதே மாதிரியான அமைப்புடன் கூடிய, தானாகவே சாவி கொடுத்துக் கொள்ளும் இன்னொரு வகைக் கடிகாரங்கள் படங்கள் 78, 79இல் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் முக்கியமான பகுதி க்ளிஸரின்; காற்றின் வெப்பநிலை உயரும்போது க்ளிஸரின் விரிவடைந்து, ஒரு சிறு எடையை உயர்த்துகிறது. இந்த எடை இறங்குவதால் கடிகாரம் இயங்குகிறது. க்ளிஸரின் பூஜ்யத்திற்கு 300 செடிகிரேடுக்குக் கிழே திடப்பொருளாக மாறுவதாலும் 2900 சென்டிகிரேடுக்கு மேலே கொதிநிலையை அடைவதாலும் நகரக் கடிகாரங்கள் இவ்வமைப்பு முற்றிலும் பொருத்தமாயிக்கும். வெப்பநிலையில் 2 டிகிரி மாறுதல் ஏற்பட்டால் கூட கடிகாரம் இயங்குவதற்குப் போதுமானது. அத்தகைய கடிகாரம் ஒன்றை ஒரு வருட காலம் சோதித்துப் பார்த்தத்தில் அது திருப்திகரமாகவே இயங்கியது.

இவ்வகை இயந்திரங்களைப் பெரிய அளவில் செய்வதனால் ஏதாவது சாதகம் உண்டா? மேம்போக்காகப் பார்க்கும்போது, இத்தகைய "இலவச விசை" இயந்திரம் மிகச் சிக்கனமானது போலத் தோன்றலாம். உண்மையிலேயே அப்படித்தானா? சாதாரண கடிகாரம் 24 மணி நேரம் ஓடுவதற்கு வேண்டிய



படம் 78. தானாகவே சாவி கொடுத்துக்கொள்ளும் மற்றொரு கடிகாரம்.



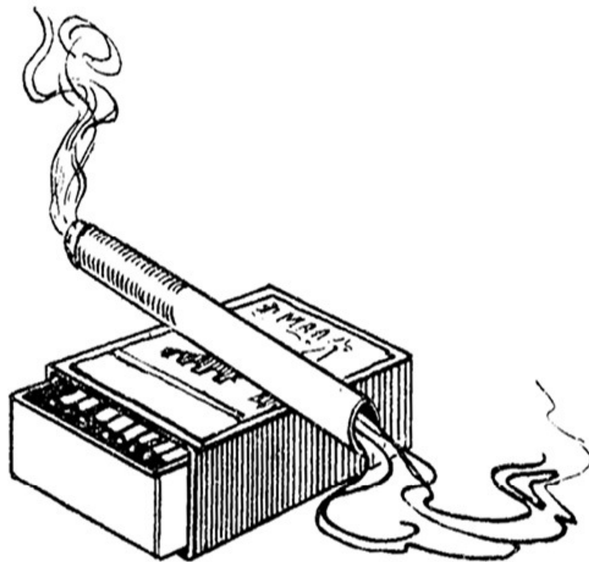
படம் 79. தானாகவே சாவி கொடுத்துக்கொள்ளும் கடிகாரம். க்ளிஸரின் இருக்கும் குழாய் கடிகாரத்தின் அடிப்பகுதியில் மறைத்து வைக்கப் பட்டிருக்கிறது.

ஆற்றலின் அளவு 1/7 கிலோகிராம்-மீட்டர்; அதாவது, ஒரு வினாடிக்கு 1/600,000 கிலோகிராம்-மீட்டர்தான். ஒரு குதிரைத் திறன் எனப்படுவது வினாடிக்கு 75 கிலோகிராம்-மீட்டருக்குச் சமமாகும். ஒரு கடிகார அமைப்புக்குத் தேவையான விசை 1/45,000,000 குதிரைத் திறனுக்குச் சமமானது. எனவே, முதல் வகைக் கடிகாரத்தின் விரிவடையவல்ல கம்பிகளையோ இரண்டாவது வகைக் கடிகாரத்தின் இயந்திர அமைப்பையோ செய்வதற்கு ஆகும் செலவு ஒரு கோபெக் என்றால், ஒரு குதிரைத் திறனுக்கு ஆகும் உற்பத்திச் செலவு 45,000,000 கோபெக் அல்லது 4,50,000 ரூபிள் (ஒரு ரூபிள் 100) கோபெக் ஒரு குதிரைத் திறனுக்கு ஐந்து லட்சம் ரூபிள் செலவானது "இலவச விசை" இயந்திரத்துக்கு ஒவ்வாததென்றே சொல்ல வேண்டும்.

புகையும் சிகரெட்டு

படம் 80ல் தீப்பெட்டியின் மேலிருப்பது குழாய் முனைச் சிகரெட் இரு நுனிகளிலிருந்தும் புகைச் சுருக்ளக் வந்து கொண்டிருக்கின்றன. எனினும், ஒரு நுனியில் மேல்நோக்கியும், மறு நுனியில் கீழ்நோக்கியும் புகைச் சுருள் வெளி வருகிறது. ஏன்? இரு நுனிகளிலிருந்தும் வரும் புகை ஒன்று தானே? உண்மையே. ஆனால் கனன்று கொண்டிருக்கும் நுனியில் வெப்பமான காற்று வேல்நோக்கி எழுகிறது; புகைத் துகள்களையும் மேலே இழுத்துச் செல்கிறது. குழாய் மூலம் எதிர் நுனிக்குப் புகையை எடுத்து செல்லும் காற்று குளிர்ந்துவிடுகிறது; எனவே, மேல்நாக்கி

எழும்புவதில்லை. புகைத்துகள்கள் காற்றைவிடக் கனமாயிருப்பதால் அவை மிதந்து கீழே வருகின்றன.



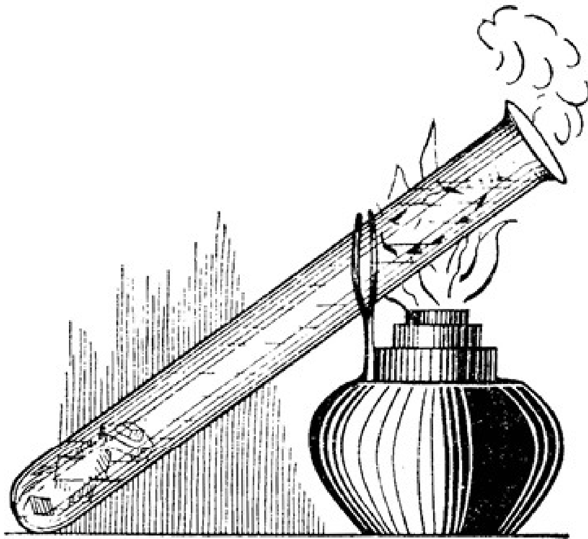
படம் 80. புகை ஒரு நுனியிலிருந்து மேல் நோக்கியும் மறு நுனியிலிருந்து கீழ்நோக்கியும் செல்வது ஏன்?

கொதிக்கும் நீரில் உருகாத பனிக்கட்டி

சோதனைக்குழல் ஒன்றில் நீரை நிரப்பி, அதில் ஒரு துண்டு பனிக்கட்டியைப் போடவும். நீரைவிட பனிக்கட்டி இலேசாயிருப்பதால் அது மிதக்கும். அப்படி மிதக்காமல் குழலின் இருக்கும் பொருட்டு அதை ஓர் பளுவினால் அழுத்தி வைக்கவும் நீர் மட்டும் தடங்கலின்றிப் பனிக்கட்டிக்குச் செல்லும் படியாய் இதைச் செய்ய வேண்டும். 'பிரிட்' விளக்கின் மீது, படம் 81ல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல், விளக்கின் சுவாலை குழலின் மேற்பகுதியை மட்டும் தீண்டும்படிக் காட்டி நீரைச் சுடவைக்கவும். நீர் சீக்கிரம் கொதித்து, அதிலிருந்து நீராவி வரும். ஆனால் குழலின் அடியிலுள்ள பனிக்கட்டி மட்டும் உருகாமலிருக்கும். கொதிக்கும் நீரில் உருகாத பனிக்கட்டி - அதிசயாமன நினைக்கத் தோன்றுகிறது அல்லவா?

இதன் ரகசியம் என்னவென்றால், குழலின் அடிப்பகுதியிலுள்ள நீர் கொதிப்பதேயில்லை; அது குளிர்நிலையிலேயே இருக்கிறது. உண்மையில், இங்கு காணப்படுவது "கொதிக்கும் நீரில் பனிக்கட்டி" அன்று; "கொதிக்கும் நீருக்கு அடியில் பனிக்கட்டியே" ஆகும். வெப்பத்தினால் நீர்

விரிவடையும் போது, அது லேசாகிறது. எனவே அடிப்பகுதிக்கு வராமல் அது மேற்பகுதியிலேயே



படம் 81. மேற்பகுதியிலுள்ள நீர் கொகதிக்கிறது; ஆனால் அடிப்பகுதியில் இருக்கும் பனிக்கட்டி உருகுவதில்லை.

தங்கிவிடுகிறது. குழலின் மேற்பகுதியில் சூடான நீர், குளிர்ந்த நீர் இவை இரண்டும் கலந்த அடுக்கும் உள்ளது. வெப்பம் கீழ்ப்பகுதிக்கு வர வெப்பக் கடத்தி இருந்தால்தான் முடியும். ஆனால் நீர் ஒரு நல்ல வெப்பக்கடத்தி இல்லை.

மேலே வைப்பதா, கீழே வைப்பதா?

நீரைச் சூடாக்க வேண்டுமானால், அது இருக்கும் பாத்திரத்தைச் சுவாலைக்கு நேர் மேலே வைக்கிறோம்; பக்கத்தில் வைப்பதில்லை. இதுதான் சரியான முறை, ஏனெனில், வெப்பமடைந்த காற்று இலேசாகி, பாத்திரத்திற்குக் கீழ்ப்பகுதியிலிருந்து மேல்நோக்கித் தள்ளப்படுகிறது. எனவே, நாம் சூடுடாக்க விரும்பும் பொருளைச் சுவாலைக்கு நேர்மேலே வைத்தால், சுவாலையின் வெப்பத்தை மிகுதியாய் உபயோகித்துக் கொள்கிறோம்.

ஆனால் பனிக்கட்டியினால் ஏதாவதொரு பொருளைக் குளிர வைக்க வேண்டும் என்றால் நாம் என்ன செய்ய வேண்டும்? குளிர வைக்க வேண்டியதை - எடுத்துக்காட்டாக, பால் உள்ள பாத்திரத்தை - பனிக்கட்டியின் மேலே பலர் வைத்து விடுகின்றனர். இது தவறு. பனிக்கட்டியிக்கு மேலே உள்ள காற்று குளிர்ச்சி அடையும்போது அது கீழே இறங்குகிறது. சுற்றிலுமுள்ள வெப்பமான காற்று அது இருந்த

இடத்துக்கு வந்துவிடுகிறது. எனவே பானத்தையோ தின்பண்டத்தையோ குளிர வைக்க விரும்பினால் பனிக்கட்டியின் மேலே அதை வைக்காதீர்கள்; மாறாக அதன் மேல் பனிக்கட்டியை வையுங்கள்.

இன்னும் சற்றுத் தெளிவாகச் சொல்லுகிறேன். நீருள்ள பாத்திரத்தைப் பனிக்கட்டியின்மீது வைத்தால், அதன் அடி அடுக்குத்தான் குளிர்ச்சி அடைகிறது. நீரின் பிற பகுதிகள் குளிர வைக்கப்படாத காற்றினால் சூழப்படுகின்றன. ஆனால், பாத்திரத்தின் மூடியின்மேல் பனிக்ட்யை வைத்தால், நீர்மிகவும் விரைவாகக் குளிர்ச்சி அடையும். குளிர்ந்த மேலடுக்குகள் கீழே வரும்; வெப்பமான கீழடுக்குகள் மேலே செல்லும் நீர் முழுவதும் குளிரும் வரை இது நடந்து கொண்டேயிருக்கம். (சுத்தமான நீர் பூஜ்ய நிலைக்குக் குளிராது; 40 சென்டிகிரேட் வைரைதான் குளிரும்-இவ்வெப்பநிலை யில்தான் அதன் அடர்த்தி அதிகப்பட்சமாயிருக்கிறது. உண்மையில், பானங்களைப் பூஜ்ய நிலைக்கு ஒருபோதும் நாம் குளிர வைப்பதில்லை.) பனிக்கட்டியைச் சுற்றி இருக்கும் குளிர்ந்த காற்று கீழே இறங்கி, பாத்திரத்தைச் சூழ்ந்து கொள்ளும்.

மூடிய சன்னலிலிருந்து காற்று வீசுவது ஏன்?

ஓர் இடுக்குக்கூட இல்லாமல் இறுக மூடியிருக்கும் சன்னலிலிருந்து காற்று வீசுவதை நாம் அடிக்கடி உணர்கிறோம். இது விசித்திரமாகத் தோன்றினாலும், இதில் ஆச்சரியப்படுவதற்கு ஒன்றும் இல்லை.

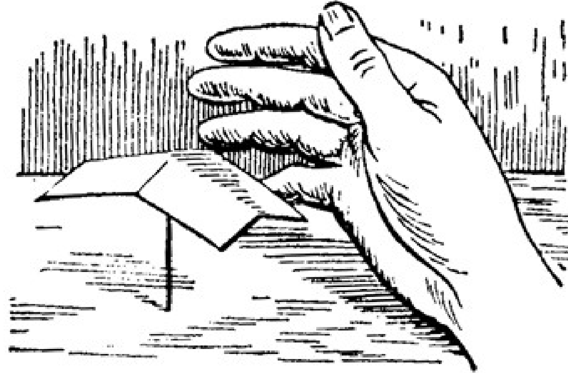
அறையிலுள்ள காற்று ஒருபோதும் அமைதியான நிலையில் இருப்பதில்லை. காற்று சூடாகும்போது அல்லது குளிர்ச்சியடையும்போது, கண்ணுக்குப் புலப்படாத காற்றோட்டம் இருந்து வருகிறது. காற்று சூடாகும்போது அதன் அடர்த்தி குறைந்து, அது இலேசாகிறது; குளிர்ச்சியடையும்போ அடர்த்தி அதிகமாகி அது கனமாகிறது.

சன்னல்களுக்கும் வெளிச்சுவர்களுக்கும் அருகிலுள்ள குளிர்ச்சியடைந்த கனமான காற்று கீழே இறங்கித்தரைக்கு வருகிறது; எனவே, இலேசான வெப்பக்காற்று மேலே சென்று கூரையை அடைகிறது. விளையாட்டுப் பலூனைக் கொண்ட அந்தக் காற்றுச் சுழற்சியைக் கண்டு கொள்ளலாம். பலூன் காற்றில் மிதக்கும்படி செய்யக்கூடிய ஒரு சிறு எடையை அதனுடன் இணைக்கவும். அடுப்பு அல்லது சூடு தரும் கருவிக்கு அருகே பலூனை விட்டுவிடவும். அடுப்பிலிருந்து கூரைக்கும், கூரையிலிருந்து சன்னலுக்கும், அங்கிருந்து தரைக்கும், தரையிலிருந்து மீண்டும் அடுப்புக்குமாக அது கண்ணுக்குப் புலப்படாத காற்றோட்டத்தினால்

எடுத்துச் செல்லப்படுவதைக் காணலாம். இது மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்கிறது. இதனால்தான், குளிர்காலத்தில் சன்னல் இறுக மூடப்பட்டிருந்தாலும், அங்கிருந்து காற்று, முக்கியமாகக் கால்களுக்கு அருகில், வீசுவதை உணர்கிறோம்.

மர்மச் சுழற்சி

மெல்லிய சிகெரட் காகிதம் ஒன்றை எடுத்து, அதிலிருந்து செவ்வக வடிவில் ஒரு துண்டைக் கிழித்துக் கொள்ளவும், நடுப்பகுதியில் அதை மடித்துவிட்டு, மீண்டும் பிரித்து விடவும், இம்மடிப்பிலிருந்து ஈர்ப்பு மையம் எங்கே இருக்கிறது என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். மேஜையின்மீது செங்குத்தாக ஓர் ஊசியைக் குத்தி அதன் மீது ஈர்ப்பு மையம் இருக்கும்படி அக்காகிதத்தை வைக்கவும். அது சமநிலையிலிருக்கும். இதுவரையில் இதில் ஒரு மர்மமும் இல்லை. படம் 82இல் காட்டியிருப்பதைப் போல் உங்கள் கையை அதன் அருகே கொண்டுவரவும். (அதை மெதுவாகச் செய்ய வேண்டும்; இல்லாவிட்டால் கை வீச்சினால் ஏற்படும் காற்று காகிதத்தை அகற்றிச் சென்றுவிடலாம்.) இப்போது காகிதம் சுழலத் தொடங்கும். முதலில் அது மெல்லவே சுழலுகிறது; போகப் போக அதன் வேகம் அதிகரிக்கிறது. உங்கள் கையைத் தூர எடுத்துவிட்டால் சுழற்சி நின்றுவிடுகிறது. கையை மீண்டும் அருகில் கொண்டுவந்தால் சுழற்ச்சி தொடங்குகிறது.



படம் 82. இக்காகிதத் துண்டு சுழலுவது ஏன்?

மர்மமான இச்சுழற்சியைக் கண்ட பலர், நம்மிடம் அதாவது நமது உடல்களில் இயற்கைக்கு அப்பாற்றப்பட்ட தெய்வீகமான இயல்புகள் இருக்கின்றன என்று ஒரு சமயத்தில் - சுமார் நூறு வருஷங்களுக்கு முன் எண்ணினர். மனித உடலில் விசித்திரமான சக்திகள் உள்ளன என்னும்

தங்களுடைய தெளிவில்லாத தத்துவங்களை இது உறுதிப்படுத்துவதாகும் என மாயாவாதிகள் நம்பினர். உண்மையில், இதில் இயற்கைக்குப் புறம்பானது எதுவும் இருக்கவில்லை. உங்கள் கையை மேலே கொண்டுவரும்போது, அதற்கு அருகில் உள்ள காற்று சூடாகி உயர எழும்பி, காகிதத்தின்மீது அழுத்துகிறது; எனவே காகிதம் சுழலுகிறது. அதில் மடிப்பு இருப்பதால், விளக்குக்கு மேலே சுருட்டி வைக்கப்பட்ட காகிதச் சுருள் சுழலுவதைப் போலவே அதுவும் சுழல்கிறது.

சற்றுக் கூர்ந்து நோக்கினால், காகிதத் துண்டு ஒரே திசையிலேயே மணிக்கட்டிலிருந்து விரல் நுனிகள் பக்கமாகவே - சுழலுகிறது என்பது புலப்படும், இதற்குக் காரணம் விரல் நுனிகள் எப்போதும் மணிக்கட்டைவிடக் குளிர்ச்சியாக இருப்பதுதான்; ஆகவே, விரல் நுனிகளைவிட உள்ளங்கையிலிருந்தே பலமான காற்றோட்டம் மேல்நோக்கி எழும்புகிறது. (காய்ச்சல் அடிக்கும்போது இதைச் செய்தால் காகிதத்துண்டு இன்னும் விரைவாகச் சுழலுகிறது. பலரைத் திகைக்க வைத்த இச்சுழற்சியைப் பற்றி மாறுகோ மருத்துவக் கழகத்திற்கு 1876ல் ஒரு கட்டுரை - என்.பி. நெச்சாயெவ் எழுதிய கையின் வெப்பத்தினால் ஏற்படும் இலேசான பொருள்களின் சுழற்சி - அனுபப்பட்டது என்பதை இங்கு குறிப்பிடலாம்.)

குளிர்கால மென்முடித் தோல் கோட்டு கதகதப்பூட்டுகின்றதா?

மென்முடித் தோல் கோட்டு கதகதப்பூட்டுவதில்லை என்று சொன்னால், நான் வேடிக்கை செய்கிறேன் என்றே நினைப்பீர்கள். ஆனால் பின்வரும் பரிசோதனையைச் செய்து பாருங்கள், தெரியும். சாதாரண வெப்பமானி ஒன்றில் வெப்பநிலையை முதலில் குறித்துக் கொண்டு, பிறகு மென்முடித் தோல் கோட்டினால் அதை மூடி, சில மணி நேரம் அப்படியே வைத்திருக்கவும். மீண்டும் வெப்பநிலையைப் பார்க்கும்போது முன்பிருந்த அளவே இப்போதும் இருக்கும். இதிலிருந்து மென்முடித்தோல் கோட்டு கதகதப்பூட்டவில்லை என்பது தெளிவாகிறதல்லவா? அப்படியானால் அது குளிரவா வைக்கிறது, இரண்டு பைகளில் பனிக்கட்டியை எடுத்துக் கொண்டு, ஒன்றை மென்முடித் தோல் கோட்டினால் மூடவும்; மற்றதை ஒரு தட்டின்மீது வைக்கவும். தட்டீன்மீது வைத்த பனிக்கட்டி உருகும்போது, மென்முடித் தோல் கோட்டை திறந்து பார்க்கவும். அதிலுள்ள பனிக்கட்டி உருகாமலிருப்பதைப் பார்க்கலாம். எனவே, மென்முடித் தோல் கோட்டு அதைச் சிறிதுகூடச் சூடாக்கவில்லை; மாறாக,

அதைக் குளிர்ச்சியடையச் செய்திருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது; ஏனெனில், அது உருக அதிக நேரம் ஆகிறதல்லவா.

ஆகவே, குளிர்கால மென்முடித் தோல் கோட்டு கதகதப்பூட்டுகின்றதா? கதகதப்பூட்டுவது என்னும் சொல்லுக்கு வெப்பம் செல்லல் என்ற பொருள் கொண்டால், இக்கேள்விக்கு "இல்லை" என்றே விடை அளிக்க வேண்டும். விளக்கு கதகதப்பூட்டுகின்ற; அடுப்பு கதகதப்பூட்டுகிறது; அங்ஙனமே, நமது உடலும் கதகதப்பூட்டுகிறது. அதாவது அவையாவும் வெப்பத்தை உற்பத்தி செய்பவை. ஆனால் மென்முடித் தோல்கோட்டு வெப்பம் உற்பத்தி செய்யவில்லை. வெளியே கொடுப்பதற்கான சொந்த வெப்பம் எதுவும் அதற்குக் கிடையாது. நமது உடல் வெப்பம் இழப்பதை அது தடுக்கிறது. அவ்வளவுதான். அதனால்தான், வெப்ப இரத்துமுள்ள பிராணி - அதன் உடல் வெப்பத்தை உண்டாக்கவல்லது - மென்முடித் தோல் கோட்டு இல்லாமலிருக்கும் போதைவிட அது இருக்கும்போது அதிக உஷ்ணமாய் இருக்கிறது. ஆயினும், நமது பரிசோதனையில் உபயோகிக்கப்பட்ட வெப்பானி வெப்பத்தை உண்டாக்குவதில்லையாதலால், மென்முடித் தோலினால் மூடினாலும் அதன் வெப்பநிலை மாறுவதில்லை. கோட்டில் வைத்திருந்த பனிக்கட்டி உருகுவதற்கு அதிக நேரம் ஆவதற்குக் காரணம், மென்முடித் தோல் கோட்டு வெப்பத்தை எளிதில் கடத்தாத பொருளாதலால் சுற்றுப்புறத்திலிருந்து வெப்பம் உள்ளே வருவதைத் தடுக்கிறது.

குளிர்காலத்தில் தரைமீதிருக்கும் வெண்பனியும் மென்முடித் தோல் கோட்டைப் போலவே இருக்கிறது. பொடியயுள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் போல், அதுவும் வெப்பத்தை எளிதில் கடத்துவதில்லை; அடியிலுள்ள தரை வெப்பத்தை இழப்பதை அது தடுக்கிறது. பனியடுக்கிற்குக் கீழேயுள்ள தரையின் வெப்பநிலை, பனியடுக்கு இல்லாத தரையில் வெப்பநிலையைவிட சாதாரணமாக 100 சென்டிகிரேட் அதிகமாக இருக்கிறது.

எனவே, "குளிர்கால மென்முடித் தோல் கோட்டு கதகதப்பூட்டுகிறதா?" என்னும் கேள்விக்கு விடை இதுதான்; நமக்கு நாமே கதகதப்பூட்டிக் கொள்ள அது உதவுகிறது; அல்லது நாம்தாம் மென்முடித் தோல் கோட்டுக்குக் கதகதப்பூட்டுகிறோம்.

தரைக்கு அடியில் நிலவும் பருவம் என்ன?

தரைமீதும் அதற்குமேலும் கோடைக்காலம் என வைத்துக்கொள்ளலாம். தரைக்குக்கீழே மூன்று மீட்டர் ஆழத்தில் என்ன பருவமாயிருக்கும்? கோடைக்காலம் என்றுதானே நினைக்கிறீர்கள்? நீங்கள் நினைப்பது தவறு! நாம் நினைப்பது போல் அங்கே அதே பருமாயிருப்பதில்லை. முக்கிய விவரம் என்னவென்றால், தரையானது வெப்பத்தை நன்றாகக் கடத்தக்கூடியதல்ல. கடுங்குளிராய் இருக்கும் நாட்களில் லெனின்கிராதில், இரண்டு மீட்டர் ஆழத்தில் புதைக்கப்பட்டிருக்கிற நீர்க்குழாய்களில் நீர் உறைவதில்லை. ஏனெனில், மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை மாறுதல்கள், தரைக்குக் கீழே யிருக்கும் வெவ்வேறு அடுக்குகளை அடைவதற்கு மிகுந்த தாமதம் ஆகிறது. லெனிகிராதுக்கு அருகிலுள்ள லூத்க் என்னும் இடத்தில் நடத்தப்பட்ட சோதனைகளிலிருந்து, மூன்று மீட்டருக்குக் கீழே, அதிகப்பட்ச வெப்ப நாள் 76 நாள் தாமதமாகவும், அதிகப்பட்சக் குளிர் நாள் 108நாள் தாமதமாகவும் வருகிறது என்று தெரிந்திருக்கிறது. தரைக்கு மேலே அதிகபட்ச வெய்யில் நாள் ஜூலை 25 என்றால், தரைக்கு மூன்று மீட்டர் கீழே அதிகபட்ச வெய்யில் நாள் அக்டோபர் 9 அன்றுதான் வரும்; தரைக்கு மேலே அதிகபட்சக் குளிர் நாள் ஜனவரி 15 என்றால் அவ்வாழத்தில் அதிகப்பட்சக் குளிர் நாள் மே மாதத்தில்தான் வரும். இன்னும் அதிக ஆழத்தில் இன்னும் தாமதாமாகும்.

அதிகமாகக் கீழே செல்லச் செல்ல, வெப்பநிலை மாறுதல்களின் அளவும் குறைகிறது; குறிப்பிட்ட ஓர் ஆழத்தில் வெப்பநிலை மாற்றமில்லத்தாய் நிலைத்துவிடுகிறது. அங்கே ஆண்டு பூராவும் ஏன் நூற்றுக்கணக்கான வருடங்களுக்கு வெப்பநிலை ஒரே அளவாக இருக்கிறது. இவ்வெப்பநிலை அவ்விடத்தின் ஆண்டுச் சராசரி வெப்பநிலையாகும். பாரி வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் தரைக்கு 28 மீட்டர் ஆழத்திலுள்ள பாதாள அறைகளில் 150 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு லவாய்ஸே அமைத்த வெப்பமானி ஒன்று இருக்கிறது. அன்றிலிருந்து இன்று வரை அது ஒரே வெப்பநிலையை - பூஜ்யத்திற்கு மேலே 11.7 சென்டிகிரேட் டிகிரியையே - காண்பித்துக் கொண்டிருக்கிறது.

சுருங்கக் கூறுமிடத்து தரைக்கு மேலே இருக்கும் பருவம் தரைக்குக் கீழே இருப்பதில்லை. நமக்குக் குளிர்காலமாக இருக்கும் போது மூன்று மீட்டருக்கு கீழே இன்னமும் இலையுதிர் காலமாகவே இருக்கிறது. ஆனால் நமக்கு இருந்த இலையுதிர் காலமாக அது இராது. ஏனெனில், வெப்பநிலையில் ஏற்படும் குறைவு அங்கே அவ்வளவு அதிகமாயிருப்பதில்லை. மாறாக, நமக்குக் கோடைக்காலமாக

இருக்கும்போது அவ்வாழத்தில் பனிக்காலக் கடுங்குளிர் சிறிதளவிற்கு இன்னமும் இருந்து கொண்டிருக்கும். தரைக்கீழே செடிகளின் வேர்கள், காக்சேபர் பூச்சி முதலானவற்றின் வாழ்க்கை நிலைமைகளை ஆராயும் போது இம்முக்கிய விவரத்தை நாம் மனத்தில் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். எனவே, தரைக்கு மேலுள்ள மரத் தண்டின் திசுக்களைப் போலல்லாது தரைக்கடியில் மர வேர்களுடைய உயிரணுக்கள் குளிர் காலத்தில் மல்கிப் பெருகுவதையும் கேம்பியம் எனப்படும் திசு கோடை பூராவும் அனேகமாயச் செயலற்றிருப்பதையும் கண்டு வியப்படைய வேண்டியதில்லை.

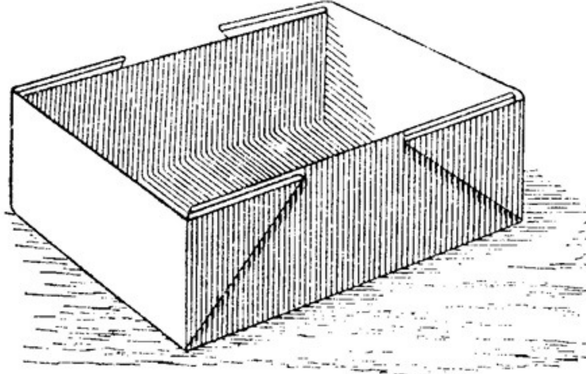
காகிதப் பானை

படம் 83ஐப் பாருங்கள். காகிதப் பாத்திரம் ஒன்றிலுள்ள நீரில் முட்டை வெந்து கொண்டிருக்கிறது. காகிதம் எரிந்து போய், நீர்கீழே சிந்தி, நெருப்பை அணைத்துவிடாதா? கம்பித் துண்டில் இணைக்கப்பட்ட விறைப்பான காகிதத்தில் (அல்லது படம் 84ல் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் போன்ற காகிதத் தொட்டியைச் செய்வது நல்லது) முட்டையை வேக வைத்துப் பார்க்கவும். காகிதத்திற்கு எதுவும் நேருவிதல்லை. இதற்கு காரணம், நீரை அதன் கொதி நிலை - 100 டிகிரி சென்டிகிரேட் - வரைக்கும்தான் சூடாக்க முடியும் என்பது தான். காகிதத்தின் அதிகப்படியான வெப்பத்தை, வெப்ப ஏற்புத்திறன் ஏராளமாயுள்ள நீர் கிரகித்துக் கொண்டு, காகிதம் 1000 சென்டிகிரேடுக்கு அதிகமாக சூடாகாதபடி, அதாவது அது தீப்பிடித்துக் கொள்ளாதபடி செய்துவிடுகிறது. தீ தீண்டிய போதிலும் காகிதம் எரிவதில்லை.

நீரின் இந்த இயல்புதான் 'கெட்டில்' வெடித்துப் போகாதபடி பாதுகாக்கிறது. மறந்து போய் நீர் இல்லாமல் கெட்டிலை அடுப்பின் மீது வைத்துவிட்டால் அது வெடித்துவிடும், இதே காரணத்தினால் தான் ஈயப்பற்றுள்ள பாத்திரங்களில் நீர் இருந்தாலொழிய அவற்றை அடுப்பின்மீது வைக்கக்கூடாது. பழைய 'மாக்ஸிம்' இயந்திரத் துப்பாக்கிகளைக் குளிர வைப்பதற்கு உபயோகிக்கப்பட்ட நீர் அவற்றின் குழாய்களை உருக்கிவிடுவதைத் தடுத்தது.



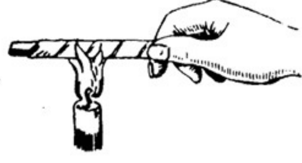
படம் 83. காகிதப் பாத்திரத்தில்
வேகும் முட்டை.

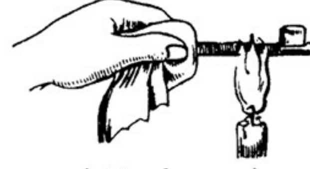


படம் 84. நீரைக் கொதிக்க வைப்பதற்கான காகிதத் தொட்டி.

ஆட்டச் சீட்டு ஒன்றை மடித்துச் செய்யப்பட்ட சின்னப்பெட்டியில் ஈயக்குண்டை வைத்து உருக்க முடியும், ஈயக்குண்டை கொண்ட இச்சிறு பெட்டியை நேரே சுவாலைக்கு மேல் வைத்துச் சூடாக்கலாம். ஈயம் வெப்பத்தை எளிதில் கடத்துவதால், அது பெட்டியின் வெப்பத்தை விரைவில் கிரகித்து அதன் வெப்பநிலை ஈயத்தின் உருகுநிலைக்கு - 335 செட்டிகிரேட்டிகிரிக்கு - மேல் போகாத படி செய்கிறது; சீட்டு தீப்பிடித்துக் கொள்வதற்குத் தேவையான வெப்பநிலையைவிட இது மிகவும் குறைவு.

படம் 85இல் இன்னொரு எளிய பரிசோதனை காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. தடிமனான ஆணியையோ, இரும்பு அல்லது செப்புக் கம்பியையோ எடுத்துக் கொண்டு, இதைச் சுற்றிக் காகிதப்பட்டையைத் திருகாணியின் புரிபோல் இறுகச் சுற்றவும். இப்போது அதைத் தீச்சுவாலையில் காட்டவும். சுவாலை


படம் 85. எரியாத காகிதம்.


படம் 86. எரியாத நூல்.

காகிதத்தின் மீது பட்டு அதன்மேல் புகை படியச் செய்யும்; ஆனால் கம்பி செஞ்சூட்டு நிலையை அடையும்போது தான் காகிதம் எரியத் தொடங்கும். உலோகத்திற்கு உள்ள அதிகமாக வெப்பங்கடத்துத் திறனே காகிதம் எரியாததற்குக் காரணமாகும். எடுத்துக்காட்டாக, கண்ணாடியினாலான கரி இந்தப் பரிசோதனைக்குச் சிறிதுகூடப் பயன்படாது. படம் 86ல் இதே மாதிரியான இன்னொரு பரிசோதனை காண்பிக்கப்படுகிறது; இதில் "எளிதில் தீப்பிடிக்காத" நூல் ஒன்று சாவியைச் சுற்றி இறுகச் சுற்றப்பட்டிருக்கிறது.

பனிக்கட்டி ஏன் வழுக்குகிறது?

சொரசொரப்பான தரையைவிட மழமழப்பான தரையில் மிகவும் எளிதில் சறுக்கி விழுந்துவிடுகிறோம். எனவே, பொருக்குப் பனிக்கட்டியைவிட மழமழப்பான பனிக்கட்டி அதிக அளவிற்கு வழுக்க வேண்டும் அல்லவா? ஆயினும், எதிர்பார்ப்பதற்கு மாறாக, மழமழப்பான பனிக்கட்டியை விட பொறுக்குப் பனிக்கட்டியின் மீதே சறுக்கு வண்டி மிகவும் எளிதாகச் செல்கிறது என்பதை விட நாடுகளில் வாழும் மக்கள் அறிவர். மழமழப்பான பனிக்கட்டியைவிட பொருக்குப் பனிக்கட்டி அதிகமாக வழுக்குவது எப்படி? பனிக்கட்டி வழுக்குவதற்குக் காரணம், அது மழமழப்பாய் இருப்பதல்ல அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது அதன் உருகுநிலை குறைவதே காரணம்.

சறுக்கு வண்டியை இழுக்கும் போதோ, பனியின்மீது சறுக்கி விளையாடும் போதே ('கேட்' செய்யும் போதோ) என்ன நடக்கிறது என்பதைக் கவனிக்கலாம். 'கேட்டுகளின்' மீது நிற்கும் போது நமது உடலின் முழு எடையும் ஒருமிகச் சிறிய பரப்பின் மீது - ஒருசில சதுர மீல்லிமீட்டர்களின் மீதே - செயற்படுகிறது. இந்நூலின் 2ஆம் அத்தியாயத்தில் படித்ததை நினைவுபடுத்திக் கொள்ளவும். 'கேட்களின்' மீது நிற்கும் ஆள் பனிக்கட்யின் மீது வெப்பநிலை பூஜ்யத்திலிற்குக் கீழே 50 சென்டிகிரேடாக இருந்து ' கேட்' செய்பவனின் அழுத்தம் அவனது 'கேட்டுகளுக்கு' அடியிலுள்ள பனிக்கட்டியின் உருகுநிலையை 60

அல்லது 70 அளவுக்குக் குறைத்தால், இப்பனிக்கட்டி உருகுகிறது. எனவே, பனிக்கட்டிக்கும்

"கேட்" தகடுகளுக்குமிடையே ஒரு மெல்லிய நீர்ப்படலம் உண்டாகிறது. ஆகவே, 'கேட்' செய்பவன் சறுக்கி அல்லது வழுக்கிக் கொண்டு நகருகிறான். இன்னும் சிறிது தூரம் அவன் நகர்ந்தவுடன் அதுவே மீண்டும் நிகழ்கிறது. இவ்வாறு, 'கேட்' செய்பவன் மெல்லிய நீர்ப்படலத்தின் மீது தொடர்ந்து நகருகிறான். பனிக்கட்டிக்குத்தான் இவ்வியல்பு உண்டு. சோவியத் இயற்பியலின் அறிஞர் ஒருவர் அதை "இயற்கையின் ஒரே ஒரு வழுக்கும் பொருள்" என்று கூட அழைத்திருக்கிறார். வேறு எல்லாப் பொருள்களும் மழமழப்பானவை; ஆனால், அவை வழுக்குதில்லை.

மீண்டும், முதலில் சொன்ன விவரத்திற்கு வரலாம். மழமழப்பான பனிக்கட்டியைக் காட்டிலும் சொற சொறப்பான பொருக்குப் பனிக்கட்டி ஏன் அதிகமாக வழுக்குகிறது? ஒரு பளு, சற்றுக் குறைந்த அளவு பரப்பின்மீது அதிக அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறது என்பது ஏற்கனவே நமக்குத் தெரிந்ததே. எப்போது மனிதன் அதிக அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறான்? மழுமப்ழுப்பான பனிக்கட்டியின் மீது இருக்கும் போதா, சொற சொறப்பானப் பனிக்கட்டியின்மீது இருக்கும்போதா? சொற சொறப்பான பனிக்கட்டியின் மீது இருக்கும்போதுதான் அவன் அதிக அழுத்தத்தைச் செலுத்துகிறான் என்பது தெளிவு; ஏனெனில், அப்போது அவனை ஒருசில பனிப்பொருக்குகளே தாங்கிக் கொள்கின்றன. சறுக்கு வண்டியின் சறுக்குக் கட்டைகள் மட்டும் போதி அளவுக்கு அகலமாயிருந்தால் (மெல்லிய 'கேட்' தகடுகளுக்கு இது பொருந்தாது; ஏனெனில், இயக்கத்தின் ஆற்றல் பனிப்பொருக்குகளைச் செதுக்குவதற்காகச் செலவழிக்கப்பட்டு விடுகிறது). செலுத்தப்படும் அழுத்தம் அதிகமாயிருக்க இருக்க பனிக்கட்டி மிக்க விரைவாக உருகுகிறது; பனிக்கட்டியும் அதிகமாக வழுக்குகிறது.

அழுத்தத்தினால் பனிக்கட்டியின் உருகுநிலை குறைவது, நம்மைச் சுற்றிலும் காணப்படும் வேறு பலவற்றையும் விளக்குகிறது. இதனால்தான், பனிக்கட்டித் துண்டுகளைச் சேர்த்து அழுத்தினால் அவை ஒன்றாக உறைந்து கொண்டுவிடுகின்றன. பனிப்பந்துகளை எறிந்து விளையாடும் சிறுவர்களும் தாங்கள் அறியாமலேயே இவ்வியல்பைப் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றனர். பனிச் செதிள்கள் ஒவ்றோடொன்று ஒட்டிக கொள்வதற்குக்காரணம், பனிப்பந்துகளைச் செய்யச் செலுத்தப்படும்

அழுத்தத்தினால் அவற்றின உருகுநிலை குறைவதுதான். வடநாடுகளில் வாழும் சிறுவர்கள், பனி மனிதன் செய்யும் போதும் இதே கருத்தையே உபயோகப்படுத்துகின்றனர். நடைபாதையில் இருக்கும் பனியின் மீது பல கால்கள் நடப்பதால் அவற்றின் அழுத்தம் காரணமாக, பனி கெட்டியாகி மொத்தையான பனிக்கட்டியாய் மாறிவிடுகிறது.

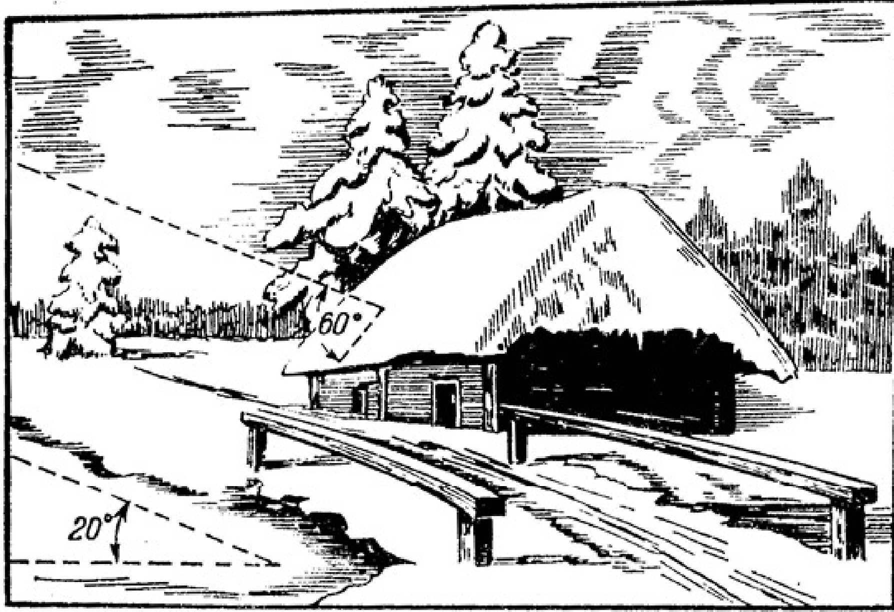
பனிக்கட்டியின் உருகுநிலையை ஒர டிகிரி செட்டிகிரேட் குறைப்பதற்கு நாம் சற்று அதிகமாக - சதுர செட்டிமீட்டருக்கு 130 கிலோகிராம் அழுத்த்தைச் செலுத்த வேண்டமூ என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. உருகும் போது பனிக்ட்டி, நீர் இரண்டுமே ஒரே அளவு அழுத்தத்திற்கு உட்டுபடுத்தப்படுகின்றன என்பதை மறந்துவடக்கூடாது. மேலே விவரிக்கப்ட்பட எடுத்துக்காட்டுகளில் பனிக்கட்டி மட்டுமே அதிகமான அழுத்தித்திறகு உட்படுத்தப்ப்டடது; பனிக்கட்டி உருகியதால் ஏற்பட்ட நீர் வளிமண்டலத்தின அழுத்தத்திற்கே உட்படுத்தப்பட்டது; எனவே, இவ்வெடுத்துகாகட்டில், பனிக்கட்டியின் உருகுநிலைமீது அழுத்தத்தால் உண்டாகும் விளைவு மிகவும் அதிகமாகிவிடுகிறது.

பனிக்கட்டிக் கூம்புகள் பிரச்சினை

குளிர்காலத்தில் கட்டிடங்களின் கூரைகளிலிருந்தும் மரக்கொம்புகளிலிருந்தும் தொங்கிக் கொண்டிருக்கும் பனிக்கட்டிக் கூம்புகள் எப்படி உருவாகின்றன? அவை எப்போது உருவாகின்றன? பனி உருகும்போதா, நீர் உறையும் போதா? பனி உருகும் போது என்றால் பூஜ்யத்திற்கு மேலுள்ள வெப்பநிலையில் நீர் எவ்வாறு உறைகிறது? நீர் உறையும் போது என்றால் அந்த நீர் பூஜ்யத்துக்கும் கீழுள்ள வெப்ப நிலையில் எங்கிருந்து வருகிறது?

நீங்கள் எண்ணியதைப் போல், இப்பிரச்சினை அவ்வளவு எளியதல்ல. பனிக்கட்டிக் கூம்புகள் உண்டாவதற்கு ஒரே சமயத்தில் இரண்டு வெப்பநிலைகள் உருகுவதற்குப் பூஜ்யத்திற்கு மேலாகவும், உறைவதற்குப் பூஜ்யத்திற்குக் கீழபாகவுமான இரு நிலைகள் - வேண்டியிருக்கின்றன. உண்மையில், நடப்பதும் அதுவே. சாய்வான கூரையின் மேற்பரப்புகளின் மீதுள்ள பனி உருகுவதற்குக் காரணம், சூரியனால் அது பூஜ்யத்திற்கு அதிகமான வெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்கப்படுகிறது. இதற்கிடையில் கூரை முனையிலிருந்து சொட்டும் நீர்த்துளிகள் உறைகின்றன ஏனெனில், அங்குள்ள வெப்பநிலை பூஜ்யத்திற்குக் குறைவாக இருக்கிறது. (கூரைக்கு அடியிலுள்ள வெப்பமான அறையின் வெப்பத்தினால் உருவாகும் பனிக்கட்டிக் கூம்புகளை இங்கு நாம் குறிப்பிடவில்லை.)

பின்வருமாறு கற்பனை செய்து கொள்ளுங்கள். வெய்யில் நன்றாக அடிக்கும் தெளிவான ஒரு நாள். வெப்பநிலை பூஜ்யத்திற்கு ஒன்று அல்லது இரண்டு டிகிரி சென்டிகிரேட் குறைவாயிருக்கிறது. ஒவ்வொரு பொருளும் சூரியனின் ஒளியிலேயே மூழ்கிப் பளிச்சிடுகிறது. சூரியனின் சாய்வான கதிர்களுக்கு, தரைமீதிருக்கும் பனியை உருகச் செய்வதற்கான சக்தி இல்லை. ஆனால்



படம் 87. தரையைவிடச் சாய்வான கூரையை சூரியன் அதிக அளவிற்குச் சூடாக்குகிறது.

சூரியனுக்கு எதிரே இருக்கும் சாய்வான கூரையின் மீது அவை செங்கோணத்திற்கு நெருங்கிய ஒரு கோணத்தில் (ஏறக்குறையச் செங்கோணத்தில்) படுவதால், அவை கூரையைச் சூடாக்கி, அதன் மீதுள்ள பனியினை உருகச் செய்கின்றன. அவை படும் தளத்திற்கும் கதிர்களின் திசைக்கும் உள்ள கோணம் அகலமாயிருக்க இருக்க, சூரிய வெளிச்சம் தரும் ஒளியும் வெப்பமும் அதிகமாயிருக்கின்றன. இந்த கோணத்தின் **Sin** ‘சைன்’ [2] மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. இதன் விளைவு. படம் **87**இல் தரையிலிருக்கும் பனியை விடக் கூரையிலிருக்கும் பனியே **25** மடங்கு அதிக வெப்பத்தைப் பெறுகிறது; ஏனெனில், சைன் **Sin 60**° ஸைன் **Sin 200** விட **2.5** மடங்கு அதிகமானது. உருகும் பனி கூரைமுனையிலிருந்து சொட்டுகிறது. ஆனால், கூரை முனைக்கு அடியில் வெப்ப நிலை பூஜ்யத்திற்குக் குறைவாய் இருக்கிறது. எனவே, நீர்த்துளி ஆவியாவதனால் மேலும்

குளிர்ச்சியடைந்து - உறைந்து போய்க் கூரை முனையிலேயே தொங்குகிறது. உறைந்து போன துளியின் முனைக்கு இன்னொரு துளி சரிந்து வந்து அதுவும் உறைகிறது. தொடர்ந்து இவ்வாறு நடப்பதால் ஒரு சிறிய பனிக்கட்டிக் கூம்பு மாலை படிப்படியாக உருவாகிவிடுகிறது, இரண்டு நாள் அல்லது ஒருவாரத்திற்குப் பிறகு அதே மாதிரியான வானிலை மீண்டும் ஏற்படுகிறது; அப்போது நமது பனிக்கட்டிக் கூம்பு மாலை மேலும் வளர்ச்சியடைகிறது; தரைக்கடியிலுள்ள குடைவுகளில் சுண்ணாம்பு விழுதுகள் ஏற்படுவதைப்போலவே, கொட்டகைகளிலும் வேறு சூடாக்கப்படாத கட்டிடங்களிலும் உள்ள கூரை முனைகளில் இவ்வாறு பனிக்கட்டிக் கூம்புகள் உருவாகின்றன.

சூரியக் கதிர்களின் படுகோணம் மாறும்போது, இன்னும் சிறப்பான தோற்றங்கள் உண்டாகின்றன. வெவ்வேறு தட்ப வெப்ப மண்டலங்களும் பருவங்களும் ஏற்படுவதற்கும் இது தான் (இதுவேதான் முழுக்காணரம் என்று சொல்ல முடியாவிட்டாலும்) பெருமளவிற்குக் காரணம் ஆகிறது. தற்பொழுது, அதாவது சூரியன் பூமியை வெப்பப்படுத்தும் காலத்தின் அளவு மாறுவது இன்னொரு காரணம். இவ்விரண்டுக்கும் ஆதாரம் ஒன்றேதான்; அதாவது பூமியின் சுழற்சி அச்சும் சூரியனின் தோற்றப் பாதைக்குமுள்ள சாய்வுதான். கோடைக்காலத்திலும் குளிர்காலத்திலும் சூரியன் நமது பூமியிலிருந்து ஏறக்குறைய ஒரே தொலைவில்தான் இருக்கிறது. பூமியின் மத்தியரேகையிலிருந்த அது எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளதோ துருவங்களிலிருந்தும் கிட்டதட்ட அதே அளவுத் தூரத்தில்தான் இருக்கிறது - வித்தியாசம் முற்றிலும் புறக்கணித்துவிடக் கூடிய அளவிற்கு மிகமிகச் சொற்பமானது. ஆயினும் சூரியக் கதிர்களின் படுகோணம் துருவங்களில் இருப்பதைவிட மத்தியரேகையில் அகலமாயிருக்கிறது; தவிரவும் குளிர்காலத்தைவிடக் கோடைக்காலத்தில இப்படுகோணம் அதிகமாயுள்ளது. இதன் விளைவாகத்தான் வெப்பநிலைகளில் பெரும்மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. பொதுவாக, இயற்கையிலேயே இவ்வளவு மாறுதல்கள் இருப்பதற்கும் அதுவே காரணமாகும்.

1 [1] லெனின்கிராதுடன் மாஸ்கோவை இணைக்கும் இரயில்பாதை - **பதிப்பாசிரியர்.**

2 [2] **'Sin'** என்பது முக்கோண கணிதவியலில் வரும் ஒரு விகித மதிப்பு. செங்கோண முக்கோணத்தில் குறிபிட்ட ஒரு கோணத்துக்கு எதிர்பக்கத்திற்கும் கர்ணத்திற்கும் **(hyotenuse)** இடையிலான விகிதமே அந்தக் கோணத்தின் **'Sin'** எனப்படுவது



அத்தியாயம் ஏழு: ஒளி

பிடிபடும் நிழல்கள்

தமது முன்னோர்களுக்குத் தங்கள் நிழல்களைப் பிடிக்கத் தெரியாவிட்டாலும் அவற்றை உபயோகப்படுத்தத் தெரிந்திருந்தது. அவற்றைப் பயன்படுத்தி அவர்கள் நிழலில் சித்திரங்களைத் தயாரித்தனர். நம்முடைய, அல்லது நம்முடைய உறவினர்கள், நண்பர்களுடைய படங்களை எடுக்க வேண்டுமென்றால், இன்று நாம் புகைப்படக்காரரிடம் செல்கிறோம். ஆனால், 18வது நூற்றாண்டில் புகைப்படக்காரர்கள் இல்லை. உருவங்கள் வரையும் ஓவியர்கள் பெருந் தொகைகள் கேட்டார்கள்; பணக்காரர்களால்தான் அவ்வளவு செலவு செய்யமுடிந்தது. அதனால்தான் அந்தக் காலத்தில் நிழல் சித்திரங்கள் சகஜமாயிருந்தன. இன்று நமக்குப் புகைப்பட உருவங்கள் எப்படியோ ஏறத்தாழ அப்படி இந்த நிழல் சித்திரங்கள் அக்காலத்தியோருக்குப் பயன்பட்டது.

உண்மையில், நிழல் சித்திரங்கள் பிடிபட்ட நிழல்களே ஆகும். எந்திரங்களின் துணை கொண்டு இவை எடுக்கப்பட்டன. இவற்றிற்கும் இவற்றிற்கு நேர்மாறான புகைப்படங்களுக்கும் ஓர் ஒற்றுமை உண்டு - புகைப்படக்காரர்கள் படம் எடுப்பதற்கு ஒளியைப் பயன்படுத்துகின்றனர்; நமது முன்னோர்களோ நிழல்களைப் பயன்படுத்தினர்.

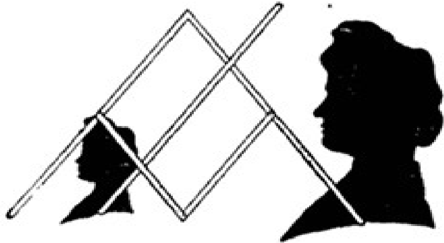
நிழல் சித்திரங்கள் எப்படிச் செய்யப்பட்டன என்பதைப் படம் 88 காண்பிக்கிறது. படம் எடுத்துக் கொள்ளவிரும்பியவர் தமது முகத்தின் பக்கவாட்டு நிழல் திரையில் விழும்படி உட்கார்ந்து கொண்டார். அந்நிழலைச் சித்திரக்காரர் வரிவடிமாய் வரைந்து கொண்டார். பிறகு அவ்வடிவத்தின் உட்பகுதி முழுவதுமு கறுப்பாக்கப்பட்டு, கத்தரித்தெடுக்கப்பட்டது. பின்னர், வெள்ளை அட்டையின் மீது இதை ஒட்டி, நிழல் சித்திரம் தயாரிக்கப்பட்டது. தேவையாயிருந்தால், இதன் அளவை மாற்றக்கூடிய ஒரு தனி அமைப்பினால் (படம் 89) சிறிதாக்கப்பட்டது.

இவ்வெளிய கறுப்பு வரிவடத்திலிருந்து அதன் அசலான உருவச் சிறப்புகைளும் பக்கவாட்டுத் தோற்றதயும் கண்டுகொள்ள முடியாது என்ற எண்ணிவிடாதீர்கள். நல்லமுறையில் தயாரிக்கப் பெற்ற நிழல் சித்திரம் ஆச்சரியப்படுமளவிற்கு அதன் அசலை ஒத்திருக்கும்.

இவ்வியல்பைப் பயன்படுத்திப் புதியதோர் ஓவிய மரபையே சிலர் தோற்றுவித்தனர். நிழல் சித்திரம் என்பதைத்தான் 'லிலுயேட்' சொல்லுகின்றனர்.



படம் 88. நிழல் சித்திரங்களைத் தயாரிக்கும் ஒரு பழையமுறை



படம் 89. நிழல் சித்திரத்தைச் சிறிதாக்குதல்.

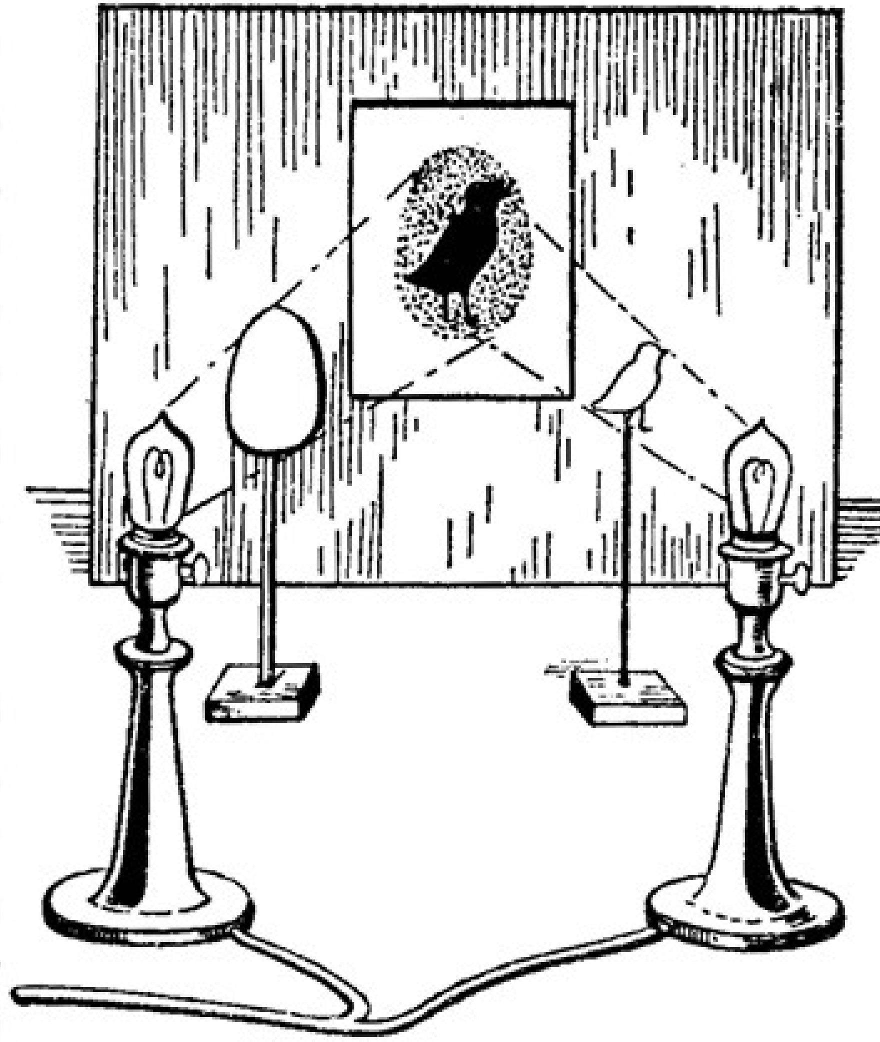


படம் 90. ஜெர்மனியக் கவிஞர் ஷில்லர் என்பவரின் நிழல் சித்திரம். (1790)

இந்த 'ஸிலுயேட்' என்னும் சொல்லின் கதை விசித்திரமானது. 18வது நூற்றாண்டில் எட்டியேன் ஸிலுயேட் என்று ஒரு பிரெஞ்சு நிதிமந்திரி இருந்தார். ஊதாரித்தனமாயிருந்த தமது நாட்டவரைச் சிக்கனமாயிருக்கும்படி கூறி, ஓவியங்களுக்கும் உருவப்படங்களுக்கும் பணத்தைச் செலவிட்ட பிரெஞ்சுப் பிரபுக்களை அவர் கண்டித்தார். எனவே, நிழலைக் கொண்டு மலிவாகத் தயாரிக்கப்பபெற்ற படங்கள் 'ஸிலுயேட்' என்று சித்திரங்கள் என்று பெயர் பெறலாயின.

முட்டையினுள் குஞ்சு

நிகழல்களுக்குள்ள சில இயல்புகளைக் கொண்ட வேடிக்கையான தந்திரம் ஒன்றைச் செய்து காட்டலாம். அட்டை ஒன்றின் நடுவில் சதுரமான ஓட்டை வெட்டிக் கொள்ளவும். எண்ணெய் தடவிய காகிதம் ஒன்றை எடுத்து அதை அந்த ஓட்டையின் மீது ஒட்டி, திரை ஒன்று தயார் செய்யுங்கள். இந்தத் திரைக்குப் பின்புறத்தில் இரண்டு மின்விளக்குகளை நிறுத்தவும். முன்புறத்தில் உங்கள் நண்பர்களை உட்காரச் சொல்லவும். முட்டை வடிவத்தில் வெட்டப்பட்ட அட்டை ஒன்றை ஒரு கம்பியின் மேல் பொருத்தி அதை இடது பக்கத்தில் உள்ள விளக்கிற்கும் திரைக்குமிடையே வைக்கவும். இரண்டாவது விளக்கு இன்னமும் எரியத் தொடங்கவில்லை. இப்போது முட்டைக்குள் இருக்கும் குஞ்சைக் காட்டக்கூடிய 'எக்ஸ்-ரே' இயந்திரம் ஒன்று உங்களிடம் இருப்பதாக நண்பர்களிடம் சொல்லுங்கள். சூ, மந்திரக்காளி; உங்கள் நண்பர்கள் முட்டையின் மங்கலான நிழலையும் அதன் நடுவில் சற்றுத் தெளிவான கோழிக் குஞ்சையும் காண்பார்கள்! (படம் 91).



படம் 91. போலி 'எக்ஸ்–ரே' இயந்திரம்.

இதன் விளக்கம் மிக எளிது. வலது பக்கத்திலுள்ள விளக்கிற்கும் திரைக்குமிடையே அட்டையில் தயாரிக்கப்பட்ட கோழிக் குஞ்சு வடிவம் ஒன்றை வைத்திருக்கிறீர்கள். இவ்விளக்கைப் போட்டவுடன், கோழிக்குஞ்சின் நிழல் முட்டை வடிவ நிழலினுள் விழுவதோடு, முட்டை வடிவ நிழலில் கோழிக்குஞ்சுக்கு வெளியிலுள்ள பகுதியில் இவ்விளக்கின் வெளிச்சம் படுகிறது. ஆகவே இப்பகுதி கருமையாய் இல்லாமல்சற்று வெளிச்சமாய் இருக்கிறது. நீங்கள் செய்வதை உங்கள் நண்பர்கள் பார்ப்பதில்லை ஆதலால், இயற்பியலும் முட்டை அமைப்பியலும் பற்றித்

தெரியாதவர்கள் நீங்கள் உண்மையாகவே முட்டையை 'எக்ஸ்-ரே' செய்திருக்கிறீர்கள் என்று எண்ணுவார்கள்!

புகைப்படக் கேலிச்சித்திரங்கள்

லென்சுக்குப் பதிலாக ஒரு சிறிய வட்டவடிவ துவாரமுள்ள புகைப்படக் காமிராவைச் செய்யமுடியும் என்பது உங்களில் பலருக்குத் தெரிந்திராது. இதில் கிடைக்கும் பிம்பம் மங்கலாக இருக்கும் என்பது உண்மையே. 'லென்சு இல்லாத' இக்காமிராவைச் சிறிது மாற்றி, வட்டமான துளைக்குப் பதிலாக இரண்டு குறுக்கும் நெடுக்குமான "கீற்றுத் துளைகள்" உள்ள காமிரா ஒன்றை அமைக்கலாம். இக்காமிராவின் முன்புறத்தில் இரண்டு சிறிய தகடுகள் இருக்கும். ஒரு தகட்டில் கீற்றுத் துளை நேர்க்குத்தாகவும், மற்றொன்றில் கிடைமட்டத்திலும் இருக்கும். இரண்டு தகடுகளும் சேர்ந்தாற்போல் உபயோகிக்கப்பட்டால், நமக்குக் கிடைக்கும் பிம்பம் வட்டமான துவாரமுள்ள காமிராவிலிருந்து கிடைக்கும் பிம்பத்தைப்போலவே இருக்கிறது. ஆனால், இத்தகடுகள் தனியாப் பிரிக்கப்பட்டுவிட்டதால் - தனியாக பிரிக்க முடியும்படியே அவை காமிராவில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன - பிம்பம் கோணாலாகிவிடுகிறது (படங்கள் 92, 93) அப்போது அவை புகைப்படங்களைப் போல் இல்லாமல் கேலிச்சித்திரங்களை போல் ஆகிவிடுகின்றன.

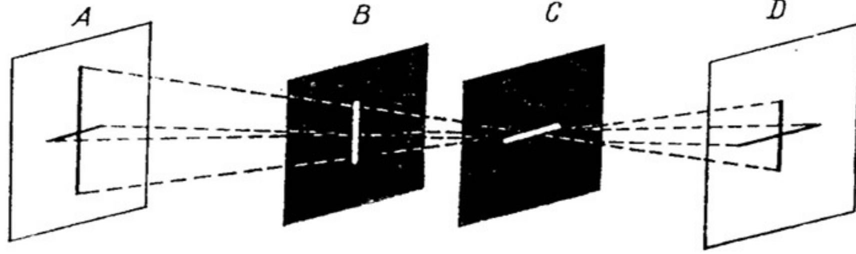
இவ்வாறு ஏன் நிகழ்கிறது? கிடைமட்டக் கீற்றுத் துளை நேர்க்குத்துக் கீற்றுத்துளைக்கு முன்பாக இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம் (படம் 94). **D** வடிவத்தில் (சிலுவையின் நேர்க்குத்துக் கோட்டிலிருந்து வரும் கதிர்கள் **C** என்னும் முதல் கீற்றுத் துளையினூடே, சாதாரண எந்தத்துவாரத்தின் வழியாகவும் வருவதைப் போலவே, வருகின்றன; **B** கீற்றுத்துளை அவற்றின் போக்கை மாற்றுவதேயில்லை. எனவே, புகைக்கண்ணாடித் திரையான



படம் 92. கீற்றுத் துளைக் காமிராவில் எடுத்த கேலிச் சித்திரம். பிம்பம் கிடைமட்டத்தில் விரிந்துள்ள காணப்படுகிறது.



படம் 93. நேர்க்குத்து திசையில் விரிந்து காணப்படும் அதே மாதிரியான கேலிச் சித்திரம்



படம் 94. கீற்றுத் துளைக் காமிரா ஏன் கோணலான ஏன் கோணலான பிம்பங்களை உண்டாக்க வேண்டும் வேண்டும் என்பதன் விளக்கம்.

Aயின்மீது, **A**க்கும் **C**க்குமிடையே உள்ள தொகைக்கேற்ற அளவுக்கு நேர்க்குத்துக் கோட்டில் பிம்பம் உண்டாகிறது. ஆனால், தகடுகள் இம்மாதிரி இருக்கும்போது, **D**யின் கிடைமட்டக் கோட்டின் பிம்பம் முற்றிலும் வேறுவிதமாய் இருக்கிறது. கிடைமட்டக் கோட்டிலிருந்து கிளம்பும் கதிர்கள் கிடைமட்ட கீற்றத் துளையினூடே தடையேதுமில்லாமல் சென்று நேர்க்குத்துக் கீற்றுத் துளையான **B**யை அடையும் வரை குறுக்கிட்டுக் கொள்வதில்லை; சாதாரணமான வட்டத்துளையினூடே செல்வதைப் போலவே, **B** கீற்றுத் துளை வழியாகப் போய், **A**க்கும் **B**க்குமிடையே உள்ள தொலைவுக்கேற்ற அளவுக்கு **A** திரையின் மீது கிடைமட்டக் கோட்டின் பிம்பத்தை அவை உண்டாக்குகின்றன.

சுருக்கமாகச் சொன்னால், நேர்க்குத்துக் கோடுகளை **C** கீற்றுத் துளை மட்டுமே கவனித்துக் கொள்ளுகின்றது. கிடைமட்டக் கோடுகளையோ **B** கீற்றுத்துளை மட்டுமே கவனித்துக்கொள்கின்றது. **C** கீற்றுத்துளை திரையிலிருந்து அதிகத் தூரத்தில் இருப்பதால் நேர்க்குத்துப்

பரிமாணங்கள் எல்லாம் கிடைமட்டப் பரிமாணங்களைவிடப் பெரிய அளவில், A கண்ணாடித் திரையின்மீது வீழ்த்தப்படுகின்றன; அதாவது, பிம்பம் நேர்க்குத்தில் நீண்டு காணப்படுகின்றது. தகடுகளை மாற்றி அமைத்தால் பிம்பம் கிடைமட்டத்தில் நீண்டு காணப்படும் (படங்கள் 92, 93ஐ ஒப்புநோக்கிப் பார்க்கவும்). தகடுகளைச் சாய்வாக வைத்தால், பிம்பத்திப் பிறிதொரு வகையில் அவை கோணலாக்கிக் காண்பிக்கும்.

இக்காமிரவைக் கேலிச்சித்திரங்கள் எடுப்பதற்கு மட்டுமின்றி, இன்னம் முக்கியமான வேலைகளுக்கும் உபயோகிக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக, கட்டட அலங்கரிப்புகளையும், விரிப்புகள், சுவர்க்காகிதக்கள் ஆகியவற்றின் அழகான அமைப்புகளையும் பொதுவாக, குறிப்பிட்ட ஒருதிசையில் விருப்பம் போல் நீளச் செய்ய வேண்டிய, அல்லது, குறுகச் செய்ய வேண்டிய அலங்கார அமைப்பு எதையுமே மாற்றுவதற்கும் பயன்படுத்த முடியும்.

சூரியோதயப் பிரச்சினை

சூரியோதயத்தைப் பார்ப்பதற்காக விடியற்காலத்தில் சரியாக 5 மணிக்கு நீங்கள் எழுந்திருப்பதாகக் வைத்துக்கொள்ளலாம். ஒளி நேரச் செலவின்றி உடனடியாகவே ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்துக்குச் செல்வதில்லை. ஆதலால், ஒளி உற்பத்தியாகும் இடத்திலிருந்து உங்களை வந்தடையச் சிறிதுநேரம் ஆகும். எனவே எனது கேள்வி இதுதான்; ஒளி நேரச் செலவின்றி உடனடியாகவே வரமுடியுமானால், சூரியோதயத்தை நீங்கள் எப்போது காண்பீர்கள்?

சூரியனிலிருந்து பூமியில் இருக்கும் நம்மை வந்தடைவதற்கு ஒளிக்கு எட்டு நிமிடம் ஆவதால், ஒலி உடனடியாகவே வந்துசேர முடியுமானால்,எட்டு நிமிடம் முன்னதாகவே - அதாவது 4 மணி 52 நிமிட நேரத்துக்கே - நீங்கள் சூரியோதத்தைக் காண முடியும் என்று நினைக்கலாம். நீங்கள் அவ்வாறு எண்ணினால், உங்களுக்கு ஓர் ஆச்சிரியம் காத்திருக்கிறது; உங்கள் விடை முற்றிலும் தவறானது! வெளிச்சமடைந்துள்ள விண்வெளியை நோக்கிப் பூமி திரும்பும்போதே சூரியன் “உதிக்கிறது”. எனவே ஒளி நேரச் செலவின்றி உடனடியாகவே வந்து சேரக்கூடியதாய் இருந்தாலுங்கூட நாம் சூரியோதயத்தைக் காலை 5 மணிக்குத்தான் பார்ப்போம்.

“வளிமண்டல ஒளி விலகல்” எனப்படுவதைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டால், மேலும் வியப்பானதொரு விளைவு உண்டாகிறது. ஒளி

விலகளினால் ஒளிப்பாதை வளைகிறது; எனவே, தொடுவானத்திற்கு மேலே சூரியன் உண்மையாகவே எழும்புவதற்கு முன்னதாகவே நம்மால் சூரியயோதயத்தைக் காண முடிகிறது. ஆனால் ஒளி உடனடியாகவே பரவுவதானால், ஒளி விலகல் என்பதே இராது; ஏனெனில், ஒளி வெவ்வேறு ஊடகங்களில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் செல்வதால் தான் ஒளி விலகல் ஏற்படுகிறது. ஒளிவிலகல் இல்லாததால் சூரியோதயத்தை நாம் சிறிது தாமதமாகவே பார்ப்போம் இத்தாமதம் இரண்டு நிமிஷங்களிலிருந்து சிலநாட்கள் வரை (துருவ அட்சரேகைப் பகுதிகளில் இன்னும் அதிகமாக காலம்வரை)கூட இருக்கும். ஏனெனில், இத்தாமதத்தின் அளவு அட்சரேகை, காற்றின் வெப்பநிலை, இன்னும் சில விவரங்கள் ஆகியவை அனைத்தையும் பொறுத்ததாகும். ஆகவே, ஒளி உடனடியாகவே பரவுவதானால் இப்போதைவிட இன்னும் தாமதமாகவே சூரியோதயத்தை நாம் பார்ப்போம். மிகவும் விசித்திரமான ஒரு முரண்பாடு?

தொலைநோக்கியின் வழியாகச் சூரியப் புடைப்பு தோன்றுவதைப் பார்ப்பதாயிருந்தால் அது வேறுவிதமாயிருக்கும். அப்போது - அதாவது, ஒளி உடனடியாகவே பரவுவதாயிருந்தால் - அதை எட்டு நிமிடம் முன்னதாகவே பார்ப்பீர்கள்.

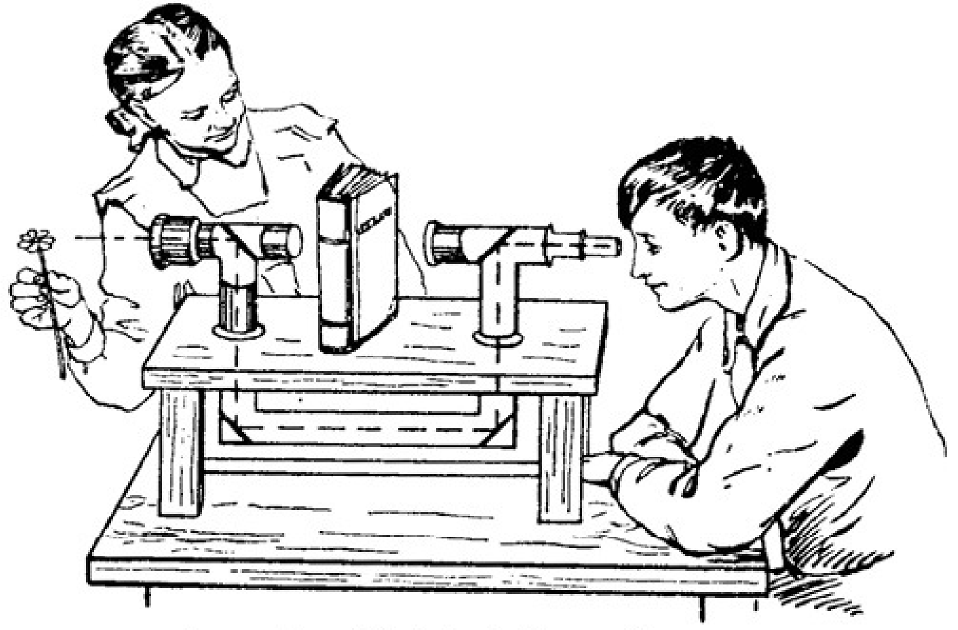


அத்தியாயம் எட்டு: ஒளிப் பிரதிபலிப்பும் ஒளி விலகலும்

சுவரினூடே பார்த்தல்

சுமார் 80 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு "எக்ஸ்-ரே கருவி" என்ற பகட்டுப் பெயரில் ஒருவிசித்திரக் கருவி விற்கப்பட்டு வந்தது. நான் பள்ளிச் சிறுவனாயிருந்தபோது இவ்வினோதக் கருவியை முதன் முதலாகப் பார்த்து எப்படித் திகைப்புற்றேன் என்பது இன்னமும் என் நினைவில் இருக்கிறது. ஒளிபுக முடியாத தடைகளைக் கடந்து - தடிமனான காகிதத்தை மட்டுமின்றி, நிஜமான "எக்ஸ் கதிர்கள்கூடப் புக முடியாத கத்தியின் தகட்டையும்கூட கடந்து - அவற்றுக்குப் பின்னால் இருந்தவற்றை என்னால் பார்க்க முடிந்தது. இக்கருவியின் மாதிரியைப் படம் 95இல் காணலாம்; இதன் மர்மத்தையும் அதிலிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். அதில் நான்கு சிறிய ஆடிகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் 45° கோணத்தில் சாய்ந்து வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்களை இந்த ஆடிகள் பிரதிபலிக்கச் செய்துத் திருப்பிவிட்ட இவ்விதம் அவற்றை ஒளி புகாத் தடைப் பொருளைச் சுற்றிச் செல்லும்படி வைக்கின்றன.

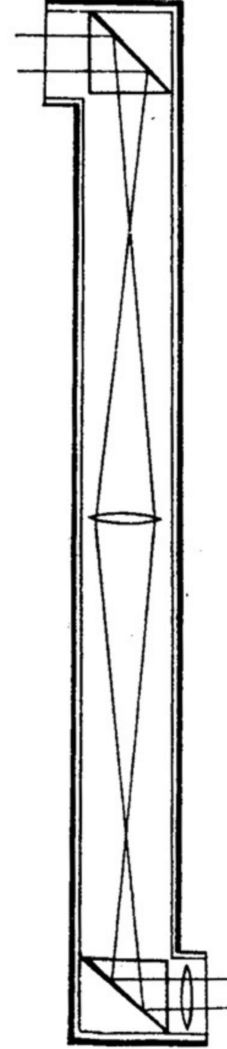
இதே மாதிரியான அமைப்பு ஒன்றை - பெரிஸ்கோப் என்றழைக்கப்படும் மேற்சூழல்காட்டியை (படம் 96)-ராணுவத்தினர் பயன்படுத்துகின்றனர். எதிரியின் குண்டுகளுக்குத் தாம் இலக்காகாதபடி மறைந்து கொண்ட அதே போதில் எதிரியின் இயக்கத்தைப் பார்ப்பதற்கு ராணுவத்தினர் இருக்கருவியை



படம் 95. போலி 'எக்ஸ்–ரேக்' கருவி.



படம் 96. பெரிஸ்கோப்.



படம் 97. நீர்மூழ்கிக் கப்பலுடைய பெரிஸ்கோப்பின் அமைப்பு.

உபயோகிக்கின்றனர். வெளியிலிருந்து வரும் கதிர்கள் பெரி கோப்பை அடையும் இடத்திற்கும் பார்வையாளரின் கண்களுக்கும் எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு அதிகத் தூரம் இருக்கிறதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு காண்பவரின் பார்வைப் புலம் சிறியதாகிவிடுகிறது. பார்வைப் புலத்தை அகலப்படுத்துவதற்கு லென்சுகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. ஆனால் பெரிஸ்கோப்பினுள் நுழையும் ஒளியின் ஒரு பகுதியை லென்ஸ் உட்கவர்ந்து விடுவதால், நமக்குக் கிடைக்கும் பிம்பம் தெளிவாயிருப்பதில்லை. எனவே, பெரி கோப்பின் உயரத்திற்கு ஒரு வரம்பு இருக்க வேண்டியதாயிருக்கிறது; கிட்டத்தட்ட இருபது மீட்டரே

வரம்பாகும். இதைவிட உயரமான பெரிஸ்கோப்புகளில் பார்வைப் புலம் மிகவும் சிறியதாகவும், பிம்பம்-முக்கியமாக, மேகம் கவிழ்ந்திருப்பதுபோல தெளிவில்லாமலும் இருக்கும்.

நீர்மூழ்க்கிக் கோப்டன்கள் தாங்கள் தாக்கும் கப்பல்களைக் கவனிப்பதற்குப் பெரிஸ்கோப்பை உபயோகிக்கின்றனர். ராணுவப் பெரிஸ்கோப்பைவிட சிக்கலான அமைப்புள்ளதாயிருந்தாலும்கூட, நீர்மூழ்கிக் கப்பல் நீருக்குள் முழுகும் போது வெளியில் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் இப் பெரிஸ்கோப்பும் அதே கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் தான் அமைந்தது. இதிலும் அதே மாதிரியான ஆடிகளின் (அல்லது முப்பட்டங்கள்) அமைப்பே (படம் 97) இருக்கிறது.

பேசும் தலை

பண்டைக் காலத்தில் அடிக்கடி நிகழ்த்தப்பட்டு வந்த இந்த "மாயஜால" வேடிக்கை விவரம் அறியாதோரைத் திகைப்புறச் செய்தது. ஒருதட்டின் மீது உயிருள்ள துண்டிக்கப்பட்டிருப்பதுபோல் தோன்றும் தலை ஒன்று கண்களை உருட்டுவதையும் பேசுவதையும் சாப்பிடுவதையும் பார்க்கும் போது, உண்மையிலேயே வியப்படைகிறோம். அது இருக்கும் மேசைக்கருகில் உங்களால் செல்ல முடியாவிட்டாலும், மேசையின் அடியில் ஒன்றுமில்லை என்பதைத் "தெளிவாக பார்க்கிறீர்கள்", இவ்வேடிக்கையைப் பார்க்கும்போது ஒரு காகிதப் பந்தை அந்த மேஜைக்கு அடியில் எறிந்தால், அது எதிரடிக்கப்படுவதைக் காணலாம். மாயஜாலத்தின் ரகசியம் வெளிப்பட்டுவிடுகிறது - காகித பந்து ஆடி ஒன்றின் மீது பட்டுத்தான் திரும்பி வருகிறது. மேசைக் கருகில் அது செல்லத் தவறும் போதுகூட, காகிதப் பந்தின் பிம்பத்தைக் காணும் நாம் அங்கே ஆடி இருப்பதைத் தெரிந்துகொண்டு விடலாம். (படம் 98).



படம் 98. "துண்டிக்கப்பட்ட" தலையின் ரகசியம்

மேசையின் அடியில் ஒன்றும் இல்லாதது போலத் தோன்றச் செய்வதற்கு மேசையின் ஒரு காலிலிருந்து மற்றொரு கால்வரைக்கும் ஆடி ஒன்றை வைத்துவிட்டால்போதும்; ஆனால், அறையிலுள்ள சாமான்களையோ பார்ப்பவர்களையோ ஆடி பிரதிபலித்துக் காட்டக்கூடாது. அதனால்தான், அறைச் சுவர்கள் எல்லாம் ஒரே மாதிரியாகவும் காலியாகவும் இருக்க வேண்டியது அவசியம். தரைகூட ஒரே நிறமுடையதாகவும் அலங்காரம் எதுவுமில்லாமலும் இருக்க வேண்டும். சபையினரும் குறிப்பிட்ட தூரத்திற்கு அப்பால்தான் உட்கார்ந்திருக்க வேண்டும். இதன் "ரகசியம்" மிக மிக எளியதே. ஆனால் ரகசியம் தெரியாதவரை திகைப்புறவே வேண்டும்.

சில சமயம் இந்த வேடிக்கை மேலும் விநோத முறையில் செய்யப்படுவதுண்டு. முதலில் மந்திரவாதி வெறும் மேசையைக் காண்பிக்கிறான்; அதன் மேலேயும் சரி, அடியிலும் சரி ஒன்றும் இல்லை. பிறகு "உயிரள்ள தலை" இருப்பதாக கூறப்படும் (உண்மையில் காலியாகவே இருக்கும்) மூடிய பெட்டி ஒன்று மேடைமீது வைக்கப்படுகிறது. மந்திரவாதி தலை ஒன்று தோன்றுகிறது. அடியில்லாத அப்பெட்டியை வைத்தவுடன் மேற்பலகையின் ரகசியத்துவாரத்தின் வழியாக, அதன் அடியில் ஆடிக்குப் பின்னால் உட்கார்ந்து கொண்டிருக்கம் ஆள் தலையை நீட்டுகிறான் என்பதை இதற்குள் நீங்களே ஊகித்திருப்பீர்கள். இவ்வேடிக்கை வேறு வழிகளிலும் மாற்றிச் செய்யலாம்.

முன்னாலா, பின்னாலா?

வீட்டுச் சாமான்களில் பல சரியான முறையில் உபயோகிக்கப்படுவதில்லை. பானத்தைக் குளிர வைப்பதற்கும் பனிக்கட்டியைச் சிலர் சரியாகப் பயன்படுத்துவதில்லை என்பதை ஏற்கனவே கூறினேன். பனிக்கட்டிக்குக் கீழே வைப்பதற்குப் பதிலாக அதைப் பனிக்கட்டியின் மீது வைக்கின்றனர். அதே மாதிரியே முகம் பார்க்கும் கண்ணாடியைச் சரியாக உபயோகிப்பதற்கு பலருக்கும் தெரிவதில்லை; தங்கள் "பிம்பத்தை பளிச்செனத் தெரியச் செய்வதற்காக" தம்மீது ஒளி விழும் படி விளக்கத்தைத் தமக்கு முன்னால் வைப்பதற்குப் பதில் பின்னால் வைத்துக் கொள்வதை அடிக்கடி காணலாம். வாசக சகோதரிகள் கண்ணாடியில் முகம் பார்கையில் விளக்கைத் தங்களுக்கு முன்னால் வைத்துக் கொள்வார்கள் என்று நம்புகிறேன்.

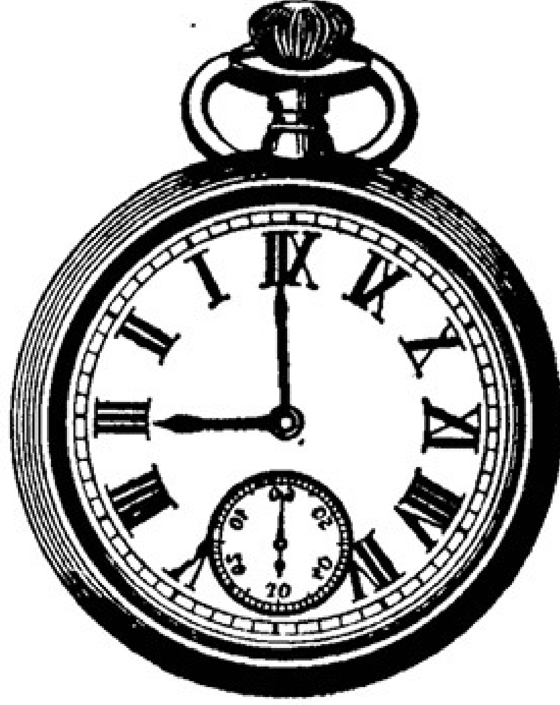
ஆடி கண்ணுக்குப் புலப்படக் கூடியதா?

முகம் பார்க்கும் கண்ணாடியைப் பற்றி நமக்குத் தெரிந்திருப்பது குறைவே என்பதை இக்கேள்வி நிரூபிக்கிறது. ஏனெனில், தினந்தோறும் முகம் பார்க்கும் கண்ணாடியை உபயோகித்து வந்தாலும் பெரும்பாலானவர்கள் இதற்குத் தவறாகவே விடையளிக்கின்றனர். கண்ணாடியைப் பார்க்க முடியும் என்று தவறாக நினைக்கிறார்கள். நல்ல சுத்தமான கண்ணாடி கண்ணுக்குப் புலப்படாதது. அதன் சட்டம் அதன் விளிம்பு அதில் பிரதிபலிக்கப்படும் பொருள்கள் எல்லாவற்றையும் பார்க்கலாம். ஆனால், முகம் பார்க்கும் கண்ணாடி அழுக்காயிருந்தாலொழிய அதை உங்களால் பார்க்கவே முடியாது. எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளியைச் சிதறச் செய்யும் பரப்பைப் பார்க்க முடியும்; ஆனால், பிரதிபலிக்கச் செய்யும் பரப்பை மட்டும் பார்க்க முடியாது. நடைமுறையில், பிரதிபலிக்கச் செய்யும் பரப்பு பளபளப்பாக மெருகேற்றப்பட்டு இருக்கும் சிதறச் செய்யும் பரப்போ மங்களலாகத் தோன்றும். ஆடிகளைக் கொண்டு செய்யப்படும் வேடிக்கைகளும் ஒளியியல் வித்தைகளும் எடுத்துக்காட்டாக "பேசுத் தலை" - ஆடிகள் கண்ணுக்குப் புலப்படாதவை என்பதைத்தான் ஆதாரமாகக் கொண்டிருக்கின்றன. நீங்கள் பார்ப்பதெல்லாம் பல்வேறு பொருள்களின் பிரதிபிம்பமே ஆகும்.

முகம் பார்க்கும் கண்ணாடியில்

முகம் பார்க்கும் கண்ணாடியில் நமது உருவை அப்படியே பார்க்கிறோம் என்பதாய்ப் பலரும் கூறுவர். ஒரு சிறு விவரமும் மாறாமல் உள்ளதை உள்ளபடியே காண்கிறோம் என்று நினைக்கிறார்கள்.

இந்தக் கூற்றைச் சிறிது சோதித்துப் பார்க்கலாம். உங்கள் வலது கன்னத்தில் ஒரு மச்சம் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். ஆடியில் தெரியும் ஆளுக்கு இடது கன்னத்தில் தான் மச்சம் தென்படுகிறது. நீங்கள் உங்கள் கலைமயிரை வலப்பக்கமாக வாரிக் கொண்டிருக்கலாம்; ஆனால், ஆடியில் தென்படும் உங்கள் பிம்பம் இடது பக்கம் வாரிக் கொண்டிருப்பதாகவே தோன்றும். உங்களது வலது புருவம் இடது புருவத்தைவிட அடர்த்தியாவும் சற்று மேலேயும் இருக்கலாம்; ஆனால், ஆடியில் அதற்கு மாறாகத் தெரியும். கடிகாரத்தைக் கோட்டின் வலது பக்கப் பையிலும், பர்சை இடது பக்கப் பையிலும் நீங்கள் வைத்துக் கொண்டிருக்கலாம். ஆனால், உங்கள் பிம்பத்தில் அவை இடம் மாறிக் காணப்படுகின்றன. பிம்பத்திலுள்ள கடிகாரத்தின் முகத்தைப் பார்க்கவும்; உங்கள் கடிகாரத்தின் முகம் அம்மாதிரி இல்லவேயில்லை. எண்களும் அவற்றின் வரிசையும் சாதாரணமாயிருப்பது போலில்லாமல் ஒரு தனி முறையில் அமைந்துள்ளன. எண் எட்டு என்றும் இல்லாதபடி VIII என்பதாய்க் குறிக்கப்பட்டிருப்பதைப் பாருங்கள். [1] மேலும், பன்னிரண்டு இருக்க வேண்டிய இடத்தில் அது இருக்கிறது! பன்னிரண்டு என்னும் எண்ணே காணப்படவில்லை. ஆறுக்குப் பிறகு ஐந்து, அதற்குப் பிறகு நான்கு என்று வருகிறது! கடிகாரத்தினுடைய பிம்பத்தின் முட்கள் எதிர்ப்புறமாக நகர்ந்து கொண்டிருக்கின்றன.



படம் 99. ஆடியில் தெரிவது.

மேலும் உங்களிடம் இல்லாத ஒரு குறை உங்கள் பிம்பத்தினிடம் காணப்படுகிறது; அதாவது, அது இடதுகை வாகுள்ள ஆளாக இருக்கிறது. ஆடியில் காணப்படும் உங்கள் பிம்பம் இடது கையினால் எழுதுகிறது, தைக்கிறது, சாப்பிடுகிறது. உங்களுடைய வலது கையைக் குலுக்கத் தனது இடது கையை நீட்டுகிறது. அப்புறம் அதற்கு எழுத்துக்கள் தெரியுமா? அப்படியே தெரிந்தாலும் அதற்குத் தெரிந்த எழுத்துக்கள் விசித்திரமாய் இருக்கின்றன. அது படித்துக் கொண்டிருக்கும் புத்தகத்திலுள்ள ஒரு வரியைக்கூட, அல்லது, அது தனது இடது கையினால் எழுதிய ஒரு வார்தையைக் கூட உங்களால் படிக்க முடியுமா என்பது சந்தேகமே. அப்படியிருந்தும் உங்கள் பிம்பம் உங்களைப் போலவே இருக்கிறது என் எறு சொல்லுகிறீக்ள்!

வேடிக்கை போதும், கண்ணாடியில் நீங்கள் உங்களையே பார்ப்பதாக நினைப்பது எப்படியும் சரியல்ல. பெரும்பாலானவர்களின் முகம், உடல், உடை ஆகியவை ஒத்திசைவாயிருப்பதில்லை ஆனால் சாதாரணமாக நாம் அதைக் கவனிப்பதில்லை. வலதுபக்கம் இடது பக்கத்தைப்போல் அப்படியே இருப்பதில்லை. கண்ணாடியில் உள்ள பிம்பத்தில், உங்களது இடது பக்கத்தில் வலது பக்கத்து இயல்புகளும், வலது பக்கத்தில் இடது

பக்கத்து இயல்புகளும் காணப்படுகின்றன. ஆகவே உங்கள் உண்மைத் தோற்றத்திலிருந்து வெகுவாய் மாறுபடும் ஒருபிம்பத்தையே கண்ணாடியில் காண்கிறீர்கள்.

கண்ணாடியில் பிம்பத்தைப் பார்த்து வரைதல்

நீங்களும் உங்கள் பிம்பமும் முற்றிலும் ஒன்றாயில்லை என்பது கீழ்க்கண்டவற்றை நீங்கள் செய்யும்போது மேலும் தெளிவாகத் தெரிகிறது. மேசை ஒன்றின் மீது செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள கண்ணாடியின் முன் உட்கார்ந்து கொள்ளவும், கண்ணாடியில் தெரியும் உங்கள் கையின் பிம்பத்தைப் பார்த்துக் கொண்டே ஒரு காகிதத்தின் மீது மூலைவிட்டங்களுடன் கூடிய செவ்வகம் வரைய முயலவும். பார்ப்பதற்கு எளிதானது போல் தோன்றும் இவ்வேலை நம்பமுடியாத அளவுக்குக் கடினமாயிருப்பதை அப்போது நீங்கள் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

நாம் வளர வளர நமது பார்வைப் பிம்பங்களுக்கும் இயக்க உணர்ச்சிகளுக்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு இணக்கம் அல்லது இசைவு ஏற்படுகின்றது. கண்ணாடிக்கு எதிரில் நமது கைகளை அசைக்கும்போது, அவற்றின் இடவல மாற்ற பிம்பமே நமது கண்ணிற்குத் தென்படுவதால், இந்த இசைவுக்கு ஊறு



படம் 100. முகம் பார்க்கும் கண்ணாடிக்கு எதிரே இருந்துகொண்டு வரைய முயலுதல்.

நேருகிறது. நீங்கள் செய்யும் ஒவ்வொர் அசைவையும் பழக்கம் எதிர்க்கிறது; வலது பக்கமாக ஒரு கோட்டை இழுக்க நீங்கள் விரும்புகிறீர்கள்; ஆனால், உங்கள் கையோ பெனிசிலை இடது பக்கமாக இழுக்கிறது! இன்னும் சிக்கலான வடிவங்களை வரையவோ, எதையாவது

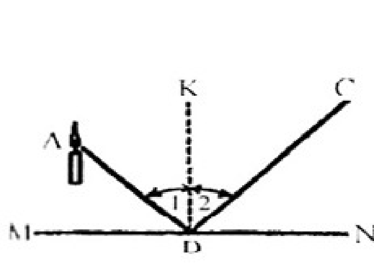
எழுதவோ முயலும்போது மேலும் விசித்திரமான விளைவுகள் உண்டாவதை நீங்கள் பார்க்கலாம். வினோதமான முறையில் நீங்கள் குளறுபடி செய்வதைக் காண்பீர்கள்.

மை உறிஞ்சும் தாள்மீது ஏற்படும் பதிவுகளும் உங்கள் கையெழுத்தின் கண்ணாடி பிம்பத்தைப் போன்றவையே. ஆனால், அவற்றைப் படிக்க முயலுங்கள். எழுத்துக்கள் நன்கு தெளிவாகத் தெரிந்தாலும் ஒரு வார்த்தையைக்கூட உங்களால் படிக்க முடியாது. எழுத்தே இடது பக்கமாக சாய்ந்து காணப்படும்; கோடுகளும் இடவல மாறாட்டமாய்த் தெரியும். ஆயினும் கண்ணாடியில் இதைப் படிக்க முயன்றால் எல்லாம் தெளிவாக இருக்கக் காண்பீர்கள். உங்களுடைய வழக்கமான கையெழுத்துதான் என்பதும் விளங்கும். உங்கள் கையெழுத்தின் இடவல மாற்றப் பதிவினைக் கண்ணாடி மீண்டும் இடவல மாற்றம் செய்துகாட்டுவதால் மாறாட்டம் மறைந்து யாவும் நேராகிவிடுகின்றன.

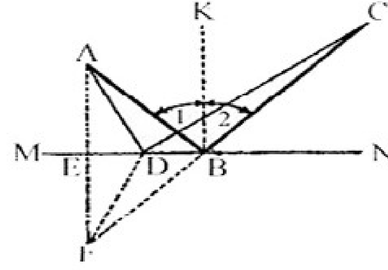
மிகவும் குறுகிய விரைவான பாதை

ஒரே இயல்புள்ள ஊடகத்தில் ஒளி நேர்கோட்டிலேயே, அதாவது, மிக விரைவான பாதையிலேயே செல்கிறது. ஆடியிலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படும் போதும் அது மிக விரைவான பாதையிலேயே செல்கிறது. அதன் பாதையை வரைந்து பார்ப்போம். படம் **101**இல் **A** என்பது ஒளியின் தோற்றுவாய் (ஒரு மெழுகுவர்த்தி); **MN** என்பது ஆடி; **ABC, A** இலிருந்து கண் **C**க்குக் கதிர்செல்லும் பாதை, **KB, MN**க்கு நேர்க்குத்தாக இருக்கும் குத்துக்கோடு.

ஒளியியல் விதிகளின்படி, பிரதிபலிப்புக் கோணம் **(2)** படுகோணத்திற்குச் **(1)** சமமாகும். இது தெரிந்துவிட்டால், **A**யிலிருந்து ஆடியில்பட்டு **C**யை அடைவதற்குச் சாத்தியமான பாதைகள் அனைத்திலும் **ABC** பாதையே மிகவும் குறுகியது என்பதை எளிதில் மெய்ப்பித்துவிட முடியும். இதை



படம் 101. பிரதிபலிப்புக் கோணம் (2) படுகோணத்திற்குச் (1) சமம்.



படம் 102. பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளி மிகக் குறுகிய பாதையிலே செல்கிறது.

நிரூபிக்க **ABC** பாதையை வேறு எந்தப் பாதையுடனாவது, எடுத்துக்காட்டாக **ADC** பாதையுடன் (படம் **102**), ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம். ஹயிலிருந்து **MN**மீது **AE** நேர்க்குத்துக் கோட்டை இறக்கி, **BC**யின் தொடர்ச்சியை **F**இல் சந்திக்கும்வரை அதை நீட்டவும். **F, D,** புள்ளிகளை ஒரு நேர்கோட்டினால் இணைக்கவும். இப்போது **ABE, EBF** முக்கோணங்கள் சமமானவை தாமா என்பதை முதலில் கவனிப்போம். இரண்டும் செங்கோண முக்கோணங்கள்; இரண்டிலும் செங்கோணங்களுக்கு அருகிலுள்ள பக்கம் **EB** ஆகிறது. அதைத் தவிர **EFB, EAB** கோணங்களும் சமம்; ஏனெனில், **EFB 2** என்னும் கோணத்திற்கும், **EAB 1** என்னும் கோணத்திற்கும் முறையே சமமாயிருக்கின்றன. ஆகவே **AE EF**க்குச் சமம். எனவே, **AED, EDF** என்னும் இரண்டு செங்கோண முக்கோணங்களும் சமமானவை; ஏனெனில் செங்கோணங்களுக்கு அருகிலுள்ள அவற்றின் பக்கங்களும் சமமானவை. ஆதலால் **AD DF**க்குச் சமம்.

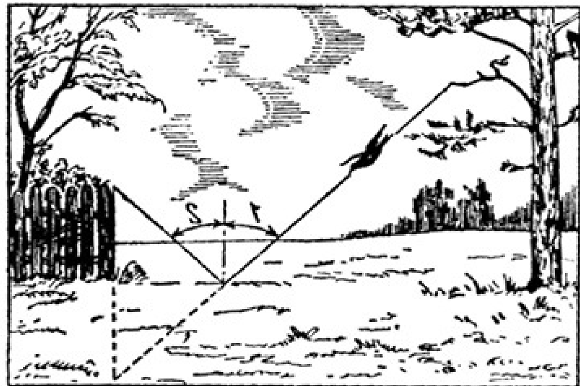
ABC பாதைக்குப் பதிலாக அதே நீளமுள்ள **CBF** பாதையையும் (ஏனெனில், **AB FB**க்குச் சமம்), **ADC** பாதைக்குப் பதிலாக **CDF** பாதையையும் வைத்துக் கொள்ளலாம். **CBF, CDF** பாதைகளை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தல், **CBF** நேர்கோடு **CDF** கோட்டைவிடக் குட்டையானது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். ஆகையால், **ABC** பாதையே **ADC** பாதையைவிடக் குட்டையானது. எனவே **ABC** பாதையே மிகவும் குறுகியது என்பது நிரூபணமாகிவிட்டது.

D புள்ளி **MN** மீது எங்கிருந்தாலுங்கூட, **ABC** பாதையே **ADC** பாதையைவிடக் குட்டையானதாயிருக்கும்; பிரதிபலிப்புக் கோணம் மட்டும் படுகோணத்திற்குச் சமமாயிருக்க வேண்டும். ஆகவே, ஒளியின் தோற்றுவாய், ஆடி, நமது கண் ஆகியவற்றிற்கிடையே

சாத்தியமாயிருக்கக் கூடிய பாதைகள் அனைத்திலும் மிகவும் குறுகிய விரைவான பாதையையே ஒளி தேர்ந்தெடுக்கிறது என்பது தெளிவு. முதன் முதலில் இதை எடுத்துக்காட்டியவர் மூன்றாம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த கிரேக்க கணிதவியலாளரான அலெக்ஸாந்திரியாவைச் சேர்ந்த ஹீரோ என்பவர் ஆவார்.



படம் 103. காக்கை பற்றிய பிரச்சினை.தரைக்கு வந்துவிட்டு பிறகு வேலிக்குச் செல்வதற்கு மிகவும் குறுகிய பாதையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.



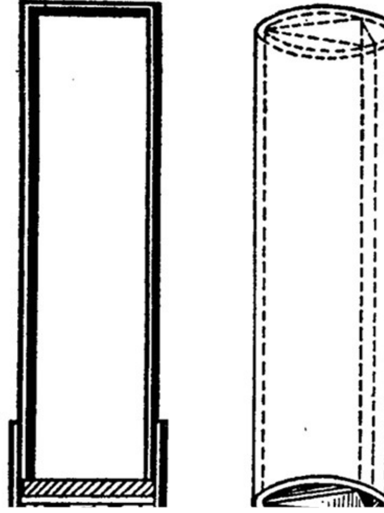
படம் 104. காக்கை பற்றிய பிரச்சினைக்கு விடை.

மேலே குறிப்பிட்டதைப் போன்று எடுத்துக்காட்டுகளில் மிகவும் குறுகிய பாதையைக் கண்டுபிடிக்கும் திறமை, மூளைக்கு வேலைதரும் சில பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதில் மிகவும் பயன்படுகிறது. கீழ்கண்ட பிரச்சைனையை எடுத்துக் கொள்ளுங்கள்.

காக்கை ஒன்று கிளையின் மீது உட்கார்ந்திருக்கிறது; தரைமீது தானியங்கள் இறைந்து கிடக்கின்றன. காக்கை கீழே வந்து, தரைமீதிருக்கும் தானியத்தைக் கொத்திக் கொண்டு, பறந்து பக்கத்திலுள்ள வேலியின்மீது உட்கார வேண்டும் மிகவும் குறுகிய பாதையில் அது செல்ல வேண்டும் என்றால், தரையின் மீது எந்த இடத்தில் அது கொத்த வேண்டும்? (படம் 103) இது தான் பிரச்சினை. மேலே கவனித்த பிரச்சினையைப் போன்றதுதான் இதுவும். எனவே, சரியான விடை கூறுவதும் எளிது; ஒளிக்கதிரின் பாதையில் தான் அது செல்ல வேண்டும். அதாவது, கோணம் 1 கோணம் 2க்குச் சமமாயிருக்கும்படி (படம் 104) அது பறக்க வேண்டும். இதுதான் மிகவும் குறுகிய பாதை என்பது நமக்கு ஏற்கெனவே தெரிந்ததே.

வண்ணக் கோலம் காட்டும் கலைடாஸ்கோப்

வண்ணக் கோலம் காட்டும் கலைடா கோப்பைப் பார்த்திருப்பீர்கள் என்று நினைக்கிறேன். வேடிக்கையான இவ்விளையாட்டுக் கருவியில் மூன்று தட்டையான ஆடிகளுக்கு இடையில் பல்வேறு நிறமுள்ள கண்ணாடித் துண்டுகள் இருக்கின்றன. கலைடாஸ்கோப்பைச் சிறிதளவு திருப்பினாலுங்கூட சீராக மாறும் அழகு மிக்க கோல வடிவங்களை அவை அமைக்கின்றன. மிக சாதாரணமான கருவியேயாயினும் இதில் காணக்கூடிய வடிவகைகளின் ஏராளமான எண்ணிக்கை பலருக்கும் தெரியாது. 20 கண்ணாடித் துண்டுகள் ஒரு கலைடா கோப்பில் இருப்பதாகவும், நிமிஷத்திற்குப் பத்துப்புதிய வடிவங்கள் கிடைக்கும்படி நீங்கள் அதைத் திருப்புவதாகவும் வைத்துக் கொள்வோம். இந்த 20 கண்ணாடித் துண்டுகளும் அமைக்கக்கூடிய எல்லா வடிவங்களையும் பார்ப்பதற்கு எவ்வளவு நேரம்பிடிக்கும் தெரியுமா? கற்பனையைச் சிறகடித்து பறக்கவிட்டாலுங்கூட ஊகிக்க முடியாதவாறு அவ்வளவு அதிக காலம் வேண்டியிருக்கும். அனைத்தையும் நீங்கள் பார்த்து முடிப்பதற்குள் கடல்கள் எல்லாம் வற்றிவிடும்; மலைகள் யாவும் தூளாகிவிடும். உண்டாக்கப்படும் எல்லா வடிவங்களைப் பார்ப்பதற்குக் குறைந்தபட்சம் 50,000 கோடி ஆண்டுகளாகவது வேண்டியிருக்கும்!



முடிவில்லாத வகைகளிலும் ஓயாது மாறிக் கொண்டும் இக்கருவியிலிருந்து கிடைக்கும் வண்ணக் கோல வடிவங்கள் நெடுங்காலமாக சித்திரப் புனைவாளர்களைத் திகைக்க வைத்திருக்கின்றன; சுவர்க்காகிதம், விரிப்புகள், வேறுபல துணிகள் ஆகியவற்றுக்கு எழில்மிக்க வண்ணக் கோலங்கள் புனைந்து அளிப்பதில் இவர்கள் எல்லோரது கற்பனா சக்தியையும் ஒன்றுசேர்த்தாலுங்கூட,

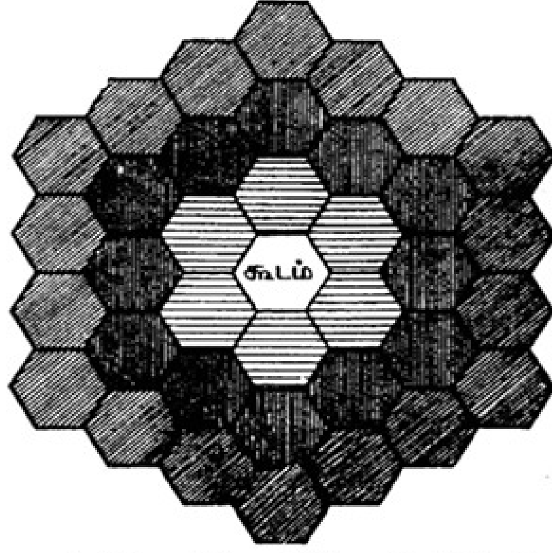
இக்கருவியின் வற்றாத கற்பனை வளத்திற்கு அது ஒருபோதும் ஈடாகாது. ஆனால், பொது மக்களிடையே 100ஆண்டுகளுக்கு முன்பு அது எழுப்பிய ஆர்வத்தையும் பரபரப்பையும் இன்று எழுப்புவதில்லை. அன்று அது கவர்ச்சிமிக்க தொரு புதுமை; கவிஞர்கள் அதை வாழ்த்திப் பாடல்கள் இயற்றினர்!

கலைடா கோப் 1816இல் இங்கிலாந்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. பன்னிரண்டு, பதினெட்டு மாதங்களில் எங்கிலும் அது பாராட்டுப் பெற்றுவிட்டது. அதைப் புகழாதவர் இல்லை எனலாம். பிளாகோனமே ரன்னிய் (விசுவாசி) என்னும் ருஷ்ய சஞ்சிகையின் 1818 ஜூலை இதழில் அ. இ இ மாய்லவ் என்றொரு கதையாசிரியர் அதைப்பற்றிப் பின்வருமாறு எழுதினார்: “கலைடா கோப் காட்டுவது அனைத்தையும் கவிதையிலோ வசனத்திலோ விவரித்துச் சொல்லவே இயலாது. ஒவ்வொரு தரம் திருப்பும்போதும் ஒவ்வொரு புதிய வடிவம். ஒன்றைப்போல் ஒன்று இருப்பதில்லை. என்ன அழகான அமைப்புகள்! துணியில் அலங்காரப் பூத்தையல்கள் தைக்க எவ்வளவு அரிய வண்ணச் சித்திரங்கள்! ஆனால் கண்ணைப் பறிக்கும் இந்த வண்ணங்களில்பட்டு இழைகள் கிடைக்க வேண்டுமே! பொழுது போக்க இதைக் காட்டிலும் இனிய வேடிக்கை எதுவுமில்லை-ஒற்றையாள் சீட்டு ஆடுவதைக் காட்டிலும் எவ்வளவோ சுவையானது.”

நீண்டகாலமாகக் கலைடாஸ்கோப் வெறும் விளையாட்டுக் கருவியாகவே இருந்து வந்தது. இன்று அது கோலச் சித்திரத்துக்கு உபயோகிக்கப்படுகிறது. அதன் வடிவங்களைப் புகைப்படம் பிடிக்க ஒரு நுட்ப அமைப்பு புனையப்பட்டுள்ளது. இவ்விதம் அது விதம் விதமான அலங்காரக் கோலங்களைப் புனைந்தளிக்கிறது.

மாயா வினோத மாளிகைகள்

கண்ணாடித் துண்டுகளின் அளவுக்கு நாம் சிறிதாகி கலைடாஸ்கோப்பினுள் போடப்பட்டால் எவ்வளவு விந்தையான அனுபவம் நமக்கு ஏற்படும்? 1900இல் நடைபெற்ற பாரிஸ் உலகக் கண்காட்சிக்குச் சென்றவர்களுக்கு இந்த வினோத வாய்ப்பு கிடைத்தது.

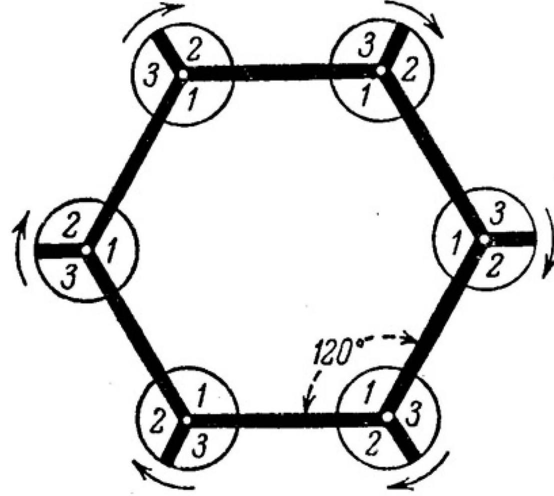


படம் 106. நடுக்கூடத்தின் சுவர்களிலிருந்து மூன்றுமுறை பிரதிபலிப்பு ஏற்படும்போது 36 கூடங்கள் தென்படுகின்றன.

“மாயா வினோத மாளிகை” எனப்படும் காட்சி அதில் பெருங் கவர்ச்சியாய் விளங்கிற்று.

இம்மாளிகை நிலையான மாபெரும் கலைடாஸ்கோப்பின் உட்பகுதியை ஒத்திருந்தது. ஆறுகோண வடிவில் அமைந்த கூடத்தின் ஆறு சுவர்களும் பெரிய நிலைக்கண்ணாடிகளால் ஆனதாய் வைத்துக் கொள்ளவும். ஒவ்வொரு மூலையிலும், உட்கூரையின் சிறப்பு அலங்காரங்களுடன் இசைவுடன் பொருந்தும் சிற்பத் தூண்களும் சுவர் அலங்கார வேலைப்பாடுகளும் இருக்கின்றன. இந்தக் கூடத்துக்குள் செல்பவர் ஒரே மாதிரியாகத் தோன்றும் ஏராளமான ஆட்களில் தானும் ஒருவராய் நிற்பதையும் சிற்ப அலங்காரத்தூண்களைக் கொண்ட கூடங்கள் முடிவின்றி ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் கண்ணுக்கெட்டியவரை அமைந்திருப்பதையும் காண்பார். படம் 106ஐப் பார்க்கவும், கிடைமட்டக்கோடுகளிட்டுக்காட்டப்படுபவை ஒரு தரம் பிரதிபலிப்பு ஏற்படுவதால் உண்டானவை; செங்குத்தான கோடுகளிட்டுக் காட்டப்படும் அடுத்த பன்னிரண்டு கூடங்களும் மூன்றாவது பிரதிபலிப்பின் விளைவு. ஒவ்வொரு தரமும் புதிதாக ஏற்படும் பலமுறை பிரதிபலிப்பிற்கேற்ப, கூடங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரித்துக் கொண்டே போகிறது; ஆடிகள் எவ்வளவு சிறப்பாயிருக்கின்றன என்பதையும் திடமான சம தூரங்களில் அவை அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றனவா என்பதையும் பொறுத்ததாகும்.

இப்பன்முறைப் பிரதிபலிப்பு, **12**ஆவது பிரதிபலிப்பில் உண்டாகும் **468** கூடங்கள் வரையிலும்தான் நம்மால் பார்க்க முடிகிறது.



படம் 107.

ஒளிப் பிரதிபலிப்புப்பற்றிய விதிகள் தெரிந்திருப்பவர்களுக்கு இம்மாயத் தோற்றம் எப்படி உண்டாகிறது என்பது நன்கு விளங்கும். மூன்று ஜோடி சமதூர ஆடிகளும், ஒன்றிற்கொன்று சாய்வாக வைக்கப்பட்டு பத்து ஜோடி ஆடிகளும் இருப்பதாலேயே, இவ்வளவு பிரதிபலிப்புகள் உண்டாகின்றன.

அதே பாரி கண்காட்சியில் "மாயத்தோற்ற மாளிகை" எனப்படுவதில் ஏற்பட்ட ஒளியில் வினோதங்கள் இன்னும் விசித்திரமாயிருந்தன. இதில் முடிவில்லாத பிரதிபலிப்புகளுடன் கூட விரைவான அலங்கார மாற்றங்களும் ஏற்பட்டன. அதாவது, பார்ப்பவர்கள் உள்ளே இருக்கும் ஓர் அசையும் மாபெரும் கலைடா கோப்பாக இருந்தது அது. கண்ணாடிக் கூடத்தில் சுழலும் அரங்கத்தை அமைக்கும் அதே முறையில் கீழ் வைத்து சுழலும் மூலைகளை வைத்து இவ்வேற்பாடு செய்யப்பட்டிருந்தது. படம் **107** ஐப் பார்க்கவும்; **1,2,3,** மூலைகளுக்கேற்றாற்போல் மூன்று மாற்றங்களைச் செய்ய முடியும் என்பதை அது காட்டுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக முதல் ஆறு மூலைகளை வெப்பப்பிரதேசக் காடு போலவும், அடுத்த ஆறு மூலைகளை நவாப் அரண்மனையின் உட்புறம் பேலவும், கடைசி ஆறு மூலைகளை ஓர் இந்தியக் கோயில் போலவும்



படம் 108. மாயத் தோற்ற மாளிகையின் மர்மம்.

அலங்கரித்திருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். மறைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் அமைப்பை ஒரு திருப்புத்திருப்பினால் போதும்; வெப்ப பிரதேசக்காட்டை ஒரு கோயிலாகவோ, அரண்மனையாகவே மாற்றிவிட முடியும். இந்த அதிசயக் காட்சிக்கு ஆதாரமாய் இருப்பது ஒளியின் பிரதிபலிப்புதான்.

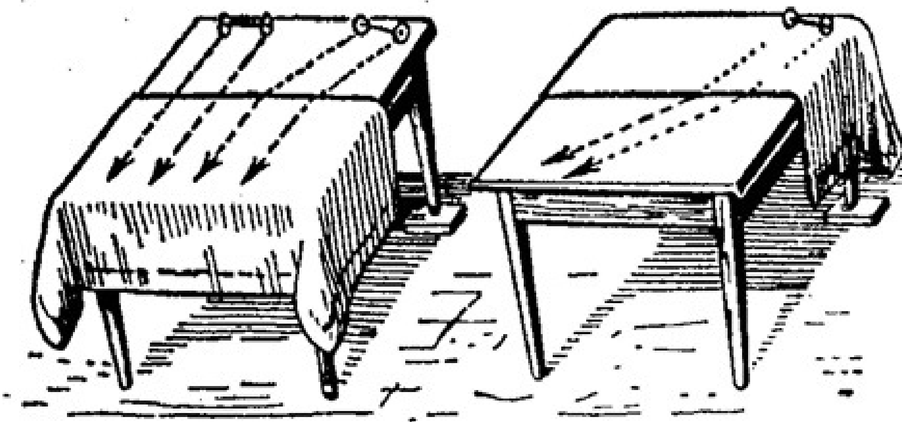
ஒளி விலகல் ஏற்படுவது ஏன், எப்படி?

ஓர் ஊடகத்திலிருந்து மற்றோர் ஊடகத்திற்குச் செல்லும் ஒளி விலகுவது இயற்கையின் ஒரு விசித்திரப் போக்கு என்றே பலரும் நினைக்கின்றனர். ஒளி ஏன் அதே திசையில் செல்லாமல் சாய்வாகச் செல்ல வேண்டும் என்பதை அவர்களால் புரிந்துகொள்ள முடிவதில்லை.

நீங்களும் அப்படித்தான் நினைக்கிறீர்களா? அவ்வாறானால், வரிசையாகச் செல்லும் வீரர்கள் சமதளமான பாதையிலிருந்து மேடும் பள்ளமுமான பாதைக்கு மாறிச்செல்லும் போது என்ன நிகழ்கிறதோ அதே தான் ஒளிக்கும் நிகழ்கிறது என்பதை அறிந்தால், எல்லாம் தெளிவாகிவிடும்.

ஒளி எப்படி விலகுகிறது என்பதை விளக்க இதே ஓர் எளிய பரிசோதனை, மேசைவிரிப்பு ஒன்றை மடித்து, படம் 109இல் காண்பிக்கப்பட்டிருப்பதைப் போல் அதை மேசை மீது போடவும், மேசையின் மேற்பரப்பைச் சற்றுச் சரிவாக அமைக்கவும். பிறகு, விளையாட்டுக் கார் அல்லது ரயில் இஞ்சினிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட இருசக்கரங்களை இருசினை அதன்மீது கிழ்நோக்கி உருட்டிவிடவும். அதன் பாதை மேசைவிரிப்பின் மடிப்பிற்குச் செங்குத்தாய் இருக்கையில் விலகல் ஏற்படுவதில்லை. இருவெவ்வேறு ஊடகங்களின் எல்லை மீது செங்குத்தாக விழும் ஒளிவிலகுவதில்லை என்னும் ஒளியியல் விதியை இது விளக்குகிறது. ஆனால் சக்கரங்களின் இருசின் பாதை மேசைவிரிப்பின் மடிப்பிற்குச் சாய்வாக இருக்கையில் இரு வெவ்வேறு ஊடகங்களின் எல்லையான இவ்விடத்தில் திசை மாறுகிறது; வேகத்திலும் மாறுதல் உண்டாகிறது.

வேகம் அதிகமாயுள்ள மேசைப் பகுதியிலிருந்து (மூடப்படாத பகுதியிலிருந்து) வேகம் குறைவாயிருக்கும் பகுதிக்கு (மூடப்பட்ட பகுதிக்கு) செல்லும் போது, திசை ("கதிர்") "செங்குத்தான படுநிலைக்கு" நெருங்கியிருக்கிறது. இதற்கு எதிர்மறையாய்ச் செல்லும் போது திசை செங்குத்து நிலையிலிருந்து விலகிவிடுகிறது.



படம் 109. ஒளி விலகலை விளக்கும் பரிசோதனை

புதிய ஊடகத்தில் ஒளியின் வேகத்தில் உண்டாகும் மாறுதலினால்தான் ஒளிவிலகம் ஏற்படுகிறது என்பதை இது விளக்குகிறது. இம்மாறுதல் அதிகமாயிருக்க இருக்க, விலகுகோணமும் அகலமாயிருக்கிறது; ஏனெனில், எந்த அளவிற்குத் திசை மாறுகிறது என்பதைத் குறிக்கும் "ஒளிவிலகல் எண்" என்பது வேகங்களின் விகிதமே ஆகும். காற்றிலிருந்து நீருக்குச் செல்லும்போது ஒளிவிலகல் எண் 4/3 என்றால், நீரைவிட காற்றில் சுமார் 1.3 மடங்கு விரைவாக ஒளி செல்கிறது என்பதுதான் பொருள். ஒளி பரவுதலின் மற்றொரு முக்கியமான அம்சத்தை இதிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம் பிரதிபலிப்பின் போது ஒளி மிகவும் குறுகிய வழியில் செல்கிறது; ஆனால், விலகலின் போது அது மிகவும் விரைவான பாதையில் செல்கிறது; இந்தக்கோணலான பாதையை அன்றி வேறு எந்தப் பாதையிலும் அது இவ்வளவு விரைவாய்த் தனது இலக்கை வந்தடைய முடியாது.

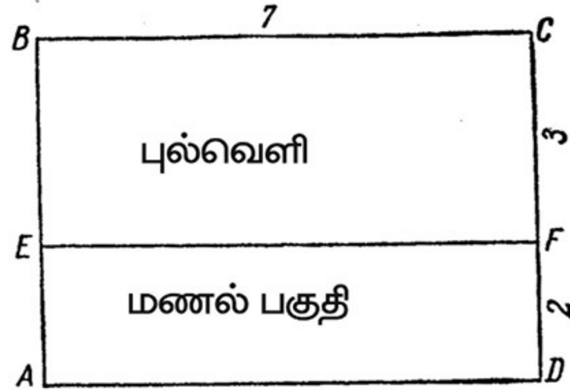
நீளமானதாயினும் விரைவான வழி

நேரான பாதையைக் காட்டிலும் கோணலான பாதையில் சென்றால், சேருமிடத்தை விரைவாக அடைய முடியுமா? முடியும்-நமது பாதையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் சென்றால், A, B ரயில் நிலையங்களுக்கிடையே Aக்குச் சற்று அருகாமையில் வசிக்கும் கிராம வாசிகள் B நிலையத்திற்கு மிகவும் விரைவாகச் செல்ல விரும்பினால், B நிலையத்திற்கு நேராகச் செல்லும் மிகவும் குறுக்கான வழியில் செல்வதைவிட A நிலையத்திற்கு நடந்தோ சைக்கிளிலோ சென்று அங்கிருந்து ரயிலில் Bக்குச் செல்வதையே தேர்ந்தெடுக்கின்றனர்.

பிறிதோர் எடுத்துக்காட்டு. குதிரைவீரன் ஒருவன் A என்னும் இடத்திலிருந்து தபால்களை எடுத்துக் கொண்டு C என்னும் இடத்திலுள்ள அதிகாரியிடம் கொண்டுபோய்க் கொடுக்க வேண்டியிருக்கிறது (படம் 110). Aக்கும் Cக்குமிடையே ஒரு புல்வெளியையும் மணல்பாங்கான பகுதி ஒன்றும் உள்ளன; EF என்னும் கோடு அவற்றைப் பிரிக்கிறது. புல்வெளியைக் கடப்பதற்குகாகும் நேரத்தைவிட மணல்பகுதியைக் கடப்பதற்கு இரண்டு மடங்கு அதிகநேரம் ஆகும் என்பது நமக்குத் தெரிந்ததே. தபால்களை மிக விரைவாகக் கொண்டு சேர்க்க வேண்டுமென்றால் குதிவீரன் எந்தப் பாதையில் செல்ல வேண்டும்?

மேம்போக்காய்ப் பார்க்கும் போது, Aக்கும் Cக்குமிடையே உள்ள A நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் செல்ல வேண்டுமென்றே நினைக்கத் தோன்றுகிறது. ஆனால் யாரும் அப்பாதையைத் தேர்ந்தெடுக்க

மாட்டார்.மணல்பகுதியைக் கடப்பதற்கு மணல் அதிகநேரம் ஆவதால், மணல் பகுதியைக் குறுக்காகக் கடந்து அதைக் குறைக்கவே அவன் முயலுவான். இதனால், புல்தரையில் அவன் செல்ல வேண்டிய தொலைவு அதிகமாகும் என்பது உண்மையே. ஆனால் மணல் பகுதியில் செல்வதைவிடப் புல்தரையில் இரு மடங்கு விரைவாக அவன் செல்ல முடியுமாதலால் தொலைவு அதிகமாயிருந்தாலும் நேரம் குறைவாயிருக்கும். அதாவது மணல் பகுதிக்கும் புல் தரைக்குமிடையேயுள்ள எல்லைக்கோட்டில் விலகிச் செல்லும் பாதையில் அவன் செல்ல வேண்டும்; மேலும், புல்தரையின் மீது செல்லும் பாதைக்கும் இவ்வெல்லைக் கோட்டிற்கு நேர்க்குத்தாக இருக்கும் கோட்பாட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணம், மணல் பகுதியில் செல்லும் பாதைக்கும் அந்நேர்க்குத்துக் கோட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணம், மணல் பகுதியில் செல்லும் பாதைக்கும் அந்நேர்க்குத்துக் கோட்டிற்குமிடையேயுள்ள கோணத்தைவிட அகலமாயிருக்கிறது.

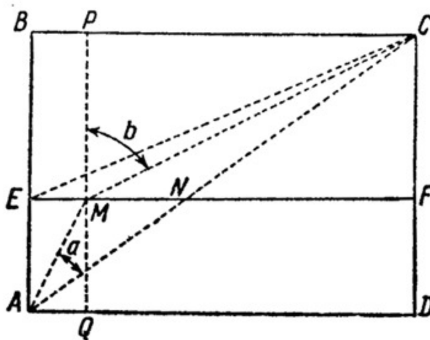


படம் 110. குதிரை வீரனின் பிரச்சினை. A-யிலிருந்து C-க்குச் செல்வதற்கு மிக விரைவான பாதையைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

நேரான **AC** பாதை நிச்சயமாய் விரைவான பாதையல்ல என்பதும், இரு பகுதிகளும் வெவ்வேறு அகலத்துடன் இருப்பதையும் அதில் தரப்பட்டுள்ள தூரங்களையும் கணக்கிலெடுத்துக் கொண்டால், **AEC** என்னும் கோணலான பாதையின் (படம் **111**) சென்றால்தான் அவனால் விரைவாகச் செல்ல முடியும் என்பதும் தெளிவாய் விளங்கும். படம் **110**இன்படி, மணல் பகுதியின் அகலம் **2** கிலோமீட்டர்; புல்தரையின் அகலம் **3** கிலோமீட்டர், **BC**யின் நீளம் **7** கிலோமீட்டர், பிதகோர

தேற்றத்தின்படி, **AC** தொலைவு (படம் **111**)= **5** ^{2} **+7** ^{2} **+=74=8.6 -** மணல் பகுதியில் செல்லும் **AN**யின் நீளம் இதில் **2/5** பாகம், அதாவது, **3.44** கி.மீ. ஆகிறது. புல்தரையின் செல்வதற்காகும் நேரத்தை விட மணல் பகுதியில் செல்வதற்கு இரண்டு மடங்கு அதிக நேரமாவதால் **3.44** கிமீ. மணல் பகுதி, **688** கிமீ. புல்தரைக்குச் சமம் என்று வைத்துக் கொள்ளலாம். எனவே, **8.6** கி.மீ நீளமுள்ள **AC** நேர்ப்பாதை **12.04** கி.மீ. புல்தரைக்குச் சமமாகிறது. இப்போது **AEC** பாதையையும் 'புல்தரை' அளவில் கணக்கிடலாம். ஹநுயின் நீளம் **2** கி.மீ, அதாவது **4** கி.மீ புல்தரைக்குச் சமமானது. **EC= 3+72=5876 -** ஆகிறது. ஆகவே, கோணலான பாதை **AEC=11.6** கி.மீ. புல்தரைக்குச் சமம்.

இதிலிருந்து, "குறுக்கான" நேர்ப்பாதை **12** கி.மீ. புல்தரைக்கும், "நீளமான" கோணல் பாதை **11.6** கிமீ. புல்தரைக்கும் சமம் என்பதைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.



படம் 111. குதிரைவீரனின் பிரச்சினையும் அதன் விடையும். மிகவும் விரைவான பாதை AMC

படம் 112. 'ஸைன்' என்றால் என்ன? mக்கும் ஆரத்திற்கும்முள்ள விகிதம் 1 கோணத்தின் 'ஸைன்' என்றும் nக்கும் ஆரத்திற்குமுள்ள விகிதம் 2 கோணத்தின் 'ஸைன்' என்றும் சொல்லப்படுகிறது.

எனவே **12.00-11.60=0.04** கிமீ. அல்லது சுமார் அரை கிலோமீட்டர் மிச்சப்படுகிறது. ஆனால் மிக விரைவான வழி இது அன்று. தத்துவத்தின்படி கோணம் **b-**இன் **Sin**ஸைனுக்கும் கோணம் **a-**இன் **Sin**னுக்குமுள்ள விகிதம், புல்தரையில் செல்லும்போதுள்ள வேகத்திற்கும் மணல் பகுதியில் செல்லும்போதுள்ள வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதத்திற்கு, அதாவது **2:1** என்னும் விகிதத்திற்குச் சமமாயிருக்கும் பாதைதான் மிக விரைவானதாகும். அதாவது, கோணம் **b-**இன் **Sin**, கோணம் **a-**இன்

Sinனைப் போல் இரண்டு மடங்கு அதிகமாயிருக்கும் பாதையை அவன் தெர்ந்தெடுக்க வேண்டும். ஆதலால், மணல் பகுதிக்கும் புல்தரைக்குமிடையிலுள்ள எல்லையை **E**-இலிருந்து ஒரு கிலோமீட்டர் தொலைவுற்ற **M** என்னுமிடத்தில் கடக்க வேண்டும். அப்போது ஸைன் **Sina/Sinb** - இரண்டு வேகங்களின் விகிதமும் அதேதான். 'புல்தரை' அளவில் இப்பாதையின் நீளம் என்னவாயிருக்கும்? **AM- 2 ² +1 ² =4.47-** கி.மீ. புல்தரைக்குச் சமம். **MC=------------** எனவே இரண்டையும் கூட்டினால் **1096** கி.மீ. ஆகிறது; இது **12.04** கி.மீ., 'புல்தரை' நேர்ப்பாதையைவிட **1.08** கி.மீ. குறைவானது.

அத்தகைய சந்தர்ப்பங்களில் கோணலான வழியைத் தேர்ந்தெடுப்பதிலுள்ள சாதகத்தை இந்த எடுத்துகாட்டு நன்கு விளக்குகிறது. ஒளி மிகவும் விரைவான இப்பாதையிலேயே செல்கிறது; ஏனெனில், ஒளி விலகலின் விதி கணிதவியல் முறையையே திட்டமாகப் பின்பற்றுகிறது. விலகுகோணத்தின் **Sin**னுக்குப் படுகோணத்தின் **Sin**னுக்குமுள்ள விகிதம் புதிய ஊடகத்தில் ஒளி பரவும் வேகத்திற்கும் பழைய ஊடகத்தில் அது பரவும் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதத்திற்குச் சமமானது. இந்த விகிதமே குறிப்பிட்ட ஊடகங்களுக்கான ஒளிவிலகல் விகித எண் எனப்படுகிறது. ஒளிப் பிரதிபலிப்பு, ஒளி விலகல் ஆகியவற்றின் சிறப்பியல்புகளை இணைத்தால் 'பெர்மட் விதி' **(Fermat principle)** "குறைந்தபட்ச நேர விதி" கிடைக்கிறது; இதன்படி, ஒளி எப்போதும் மிக விரைவான பாதையிலேயே செல்கிறது.

ஊடகத்தின் இயல்பு ஒரே தன்மையதாய் இல்லாமலிருக்கும் போதும் அதன் ஒளி விலகல் இயல்புகள் - எடுத்துக்காட்டாக, நமது வளிமண்டலத்தில் இருப்பதைப் போல் - படிப்படியாய் மாறும் போதும்கூட இந்தக் "குறைந்தபட்ச நேரவிதி" உண்மையாகவே இருக்கிறது. அதனால்தான் விண்கோள்களிலிருந்து நமது வளிமண்டலத்தினூடே ஒளி வரும்போது மேற்பாதையில் சிறிது வளைவு ஏற்படுகிறது. வானவியலாளர்கள் இதை "வளிமண்டல ஒளிவிலகல்" என்றழைக்கின்றனர். பூமிக்கு அருகே வரவர அடர்த்தி அதிகமாகும் நமது வளிமண்டலத்தின் ஒளி வளையும்போது, வளைவின் உட்பகுதி பூமியை நோக்கி இருக்கிறது. அதிகத் தடை இல்லாத வளிமண்டல மேலடுக்குகளில் அதிக நேரமும், "தாமதப்படுத்தும்" கீழடுக்குகளில் குறைந்த நேரமும் செலவிட்டு, நேர்க்கோட்டு பாதையில் வருவதற்கு

ஆகும் நேரத்தைவிடக் குறைவான நேரத்திலேயே அது பூமியை வந்தடைகிறது.

'பெர்மட் விதி' ஒளிக்குத்தான் பொருந்தும் என்பதில்லை. ஒலி அலைகளுக்கும் பொதுவான எல்லா அலைகளுக்குமே - அவற்றின் தன்மை எத்தகையதாயிருப்பினும் சரி - இவ்விதி பொருந்தும். ஏன் என்று தெரிந்து கொள்ள நீங்கள் விரும்பலாம். எனவே, ஷ்ரோடிங்கர் என்னும் பிரபல இயற்பியலாளர் டாக்ஹோமில் 1933இல் நோபல் பரிசு வாங்கும்போது நிகழ்த்திய உரையிலிருந்து சில வரிகளை எடுத்துத் தருகிறேன். படிப்படியாக மாறும் அடர்த்தியுள்ள ஊடகத்தினூ டே ஒளி எவ்வாறு செல்கிறது என்பதைப் பற்றிக் கூறும்போது அவர் பின்வருமாறு சொன்னார்:

"போர்வீரர்கள், தங்கள் மார்புகள் ஒரே கோட்டில் இருக்கும்படி ஒரு நீண்ட தடியைக் கெட்டியாகப் பிடித்துக் கொள்ளட்டும். 'விரைவாக ஓடவும்' என்னும் கட்டளை ஒலிக்கிறது. தரையின் இயல்பு படிப்படியாக மாறும் போது, முதலில் வலது நுனியும், பிறகு இடது நுனியும் அதிக வேமாக நகரும்; அணி வரிசையும் வளைவும், அவர்கள் செல்லும் பாதை நேராக இல்லாது கோணலாயிருப்பதைக் கவனிக்கவும். குறிப்பிட்ட இப்பகுதியின்மீது, சேருமிடத்தை அடைவதற்கான நேரத்தைப் பொறுத்தவரை, இதுவே மிகக் குறுக்கானது என்பது விளங்குகிறது; ஏனெனில் ஒவ்வொரு போர்வீரனும் அவனால் இயன்றவரை வேகமாக ஓட முயன்றிருக்கிறான்."

புதிய குரூஸோக்கள்

ஜூல் வேர்னின் "மர்மத் தீவு" என்னும் நூலை நீங்கள் படித்திருந்தால், அதில் வருபவர்கள் பாலைவனம் போன்ற ஒரு தீவில் ஒதுக்கப்பட்டபோது, தீக்குச்சியோ சிக்கிமுக்கிக் கல்லோ இல்லாமல் அவர்கள் எப்படி நெருப்புப்பற்றவைத்தனர் என்பது உங்களுக்கு நினைவிருக்கும். டீபோவின் ராபின் ஸன் குரூஸோவுக்கு உதவியது மின்னல்; தற்செயலாக, அது ஒரு மரத்தை தாக்கி அதை எரியச் செய்தது. ஆனால் ஜூல் வேர்னின் நாவலில், இஞ்சினியர் ஒருவருக்கிருந்த சாமர்தியமும் இயற்பியல் அறிவுமே பயன்பட்டது. வேட்டையாடிவிட்டுத் திரும்பிய எளிமையான மாலுமி பென்க்ராப்ட், கொழுந்துவிட்டு எரியும் தீயின் முன்பு இஞ்சினியரும் நிருபரும் உட்கார்ந்திருப்பதைப் பார்த்து தவிப்புற்றுவிட்டான்.

'இதை யார் பற்றவைத்தது?' எனக் கேட்டான் பென்க்ராப்ட்.

'சூரியன்தான்!'

"கிடியன் பைலெட் அளித்த பதில் முற்றிலும் சரியானதே. பென்க்ராப்டை அப்படி வியக்கவைத்து சூரியனே. மாலுமியினால் தனது கண்களை நம்பவே முடியவில்லை. இஞ்சினியரிடம் கேட்கலாம் என்று கூட அவனுக்கத்தோன்றவில்லை; அவ்வளவு தூரம் திகைப்புற்று விட்டான்.

"உங்களிடம் எரிக்கும் காண்ணாடி இருந்ததா?" என்று வினவினான் ஹார்டிங்கைச் சேர்ந்த ஹெர்பர்ட்.

"இல்லையப்பா; ஆனால் நானே ஒன்றைத் தயாரித்தேன்" என்று பதிலளித்தார் அவர்.



படம் 113. சூரியனின் கதிர்களை உலர்ந்த பாசியின் மீது டாக்டர் குவியர் செய்தார்.

"எரிக்கும் கண்ணாடியைப் போல் பாசியின் மீது பயன்பட்ட கருவியை அவர் காண்பித்தார். தன்னுடைய கடிகாரத்திலிருந்து நிரூபரின்

கடிகாரத்திலிருந்தும் எடுக்கப்பட்ட இரு கண்ணாடி மூடிகளினால் ஆனது அது. அவற்றினூடே நீரை நிரப்பி, அவற்றின் விளிம்புகளை சிறிது களிமண்ணால் ஒட்டி எரிக்கும் கண்ணாடி ஒன்றை அவர் தயாரித்தார். உலர்ந்த பாசியின் மீது சூரியக்கதிர்களை ஒருங்கே குவியச் செய்து அதை எரிய வைத்தது அக்கண்ணாடியே."

இரு கடிகாரக் கண்ணாடித் தட்டுகளுக்கிடையே நீரை ஏன் நிரப்ப வேண்டுமென்பதை நீங்களே தெரிந்துகொள்ள விரும்புவீர்கள். சூரியக் கதிர்களைக் குவியச் செய்வதற்குக் காற்றை நிரப்பினால் போதாதா? போதாது. கடிகாரத்தின் மேல்மூடியிருக்கும் கண்ணாடித் தட்டு இரண்டு இணை (ஒரே மையமுள்ள) பரப்புகளினால் - உட்பரப்பு வெளிப்பரப்பு என்னும் இரு பரப்புகளினால் - அடைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அத்தகைய பரப்புகளிடையிலுள்ள ஊடகத்தின் வழியாக ஒளி செல்லும்போது அதன்திசையில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் எதுவும் உண்டாவதில்லை என்று இயற்பியியல் கூறுகிறது. இரண்டாவது கடிகாரக் கண்ணாடித் தட்டினூடே செல்லும் போதும் ஒளி வளைவதில்லை. எனவே, ஒளிக்கதிர்களை ஒரே இடத்தில் குவியச் செய்ய முடியாது. அவ்வாறு செய்ய வேண்டுமெனில், கண்ணாடித் தட்டுகளுக்கிடையிலுள்ள இடத்தைக் காற்றைவிட அதிக அளவிற்கு ஒளியை விலகச் செய்யக்கூடிய ஒளிபுகும் ஊடகப் பொருளினால் நிரப்ப வேண்டும். ஜூல் வேர்னின் இஞ்சினியர் அதைத்தான் செய்தார்.

கோள வடிவிலுள்ள கண்ணாடி சீசாவில் நீர் நிரப்பி அதை எரிக்கும் கண்ணாடியாய்ச் செயல்பட வைக்கலாம். பண்டைக் காலத்தோருக்கு இது தெரிந்திருந்தது; தவிரவும், சூரியனின் கதிர்கள் அதனூடே பாயுபோது அதிலுள்ள நீர் வெப்பமடைவதில்லை என்பதையும் அவர்கள் கவனித்தனர். திறந்த ஜன்னலின் அடிப்பகுதி மீது நீர்ச் சீசா ஒன்றைக் கவனமில்லாமல் வைத்துவிட்டதனால் திரைகளும் மேசைவிரிப்புகளும் தீப்பிடித்துக்கொண்டு மேசைகள் கருகிப்போன நிகழ்ச்சிகள் உண்டு. மருத்துக்கடைகளில் அலங்காரமாய் வைக்கப்பட்டுவரும் வர்ண நீர் நிறைந்த பெருங் கண்ணாடிக் கோளங்களினால், அருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள, எளிதில் தீப்பற்றிக் கொள்ளக்கூடிய பொருள்கள் நெருப்புப் பிடித்துக் கொண்ட விபத்துக்கள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன.

நீர்நிறைந்த கோள வடிவமுள்ள சிறு குப்பி - 12 செ.மீ. விட்டமுடையது கடிகாரக் கண்ணாடித் தட்டு ஒன்றிலுள்ள நீரைக் கொதிக்க வைப்பதற்குப் போதுமானது. 15செ.மீ. குவியத் தொலைவுற்ற குப்பியைக்

கொண்டு (குவியப்புள்ளி வாலைக்கு மிக அருகில் இருக்கிறது) 120 டிகிரி செண்டிகிரேட் வெப்பநிலையை உண்டாக்க முடியும். அதைக் கொண்டு எளிதாக சிரெட்டையும் பற்றவைக்கலாம். எனினும், நீரினால் நிரப்பப்பட்டதைவிட, கண்ணாடி லென்சு அதிகச் சக்தி வாய்ந்தது என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும். ஏனெனில், முதலாவதாக, நீரின் ஒளிவிலகல் எண் குறைவானது; இரண்டாவதாக, எதையும் சூடாக்குவதற்கு அவசியமான அகச்சிவப்புக் கீழ்க் கதிர்களை நீர் பெருமளவுக்குக் கிரகித்துக் கொண்டுவிடுகிறது.

மூக்குக்கண்ணாடிகளும் சிறிய கைத்தொலைநோக்கி களும் கண்டுபிடிக்கப்படுவதற்குச் சுமார் ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே, கண்ணாடி லென்சுகளின் எரிக்கும் இயல்பு பண்டைய கிரேக்கர்களுக்குத் தெரிந்திருந்தது என்பதை வியக்கத்தக்க ஒரு விவரமாகும். அரிஸ்டோபேனஸ் தமது பிரபல இன்பவியல் நாடகமான முகில் என்பதில் அதைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டுள்ளார். சாக்ரடீஸ் பின்வரும் பிரச்சினை குறித்து ட்ரேப்டியாடி என்பவரிடன் கேட்கிறார்:

“நீங்கள் ஐந்து பொற்காசு தர வேண்டுமென்று ஒருவர் எழுதிய கடன் பத்திரத்தை அழிக்க வேண்டுமாயின் என்ன செய்வீர்கள்?”

ட்ரெப்டியாடி : தந்திரமான ஒரு வழியைக் கண்டு பிடித்திருக்கிறேன். மருந்துகடைகளில் விற்கப்படும், ஒளிபுகக்கூடிய, அற்புதமான எரிக்கும் கல்லை பார்த்திருப்பீர்கள் என்று எண்ணுகிறேன்?

சாக்ரடீஸ் : எரிக்கும் கண்ணாடி தானே?

ட்ரெப்டியாடி : அதுவேதான்.

ட்ரேப்டியாடி : “பத்திரம் எழுதுகிறவரின் பின்னால் நின்றுகொண்டு, சூரியக்கதிர்களைப் பத்திரத்தின் மீது குவியச் செய்து அவர் எழுதுவதை எல்லாம் உருக்கிவிடுவேன்.” அரிஸ்டோபேனஸின் காலத்தில் எளிதில் உருகக்கூடிய மெழுகுப் பலகைகளின் மீதே கிரேக்கர்கள் எழுதி வந்தனர்.

நெருப்புப் பற்றவைக்க உதவும் பனிக்கட்டி

போதிய அளவிற்கு ஒளி ஊருடுவக் கூடியதாயிருந்தால், பனிக்கட்டி கூட குவி லென்சைப் போலாகி எரிக்கும் கண்ணாடியாய் வேலை செய்யும், மேலும், இச்செயலின் போது பனிக்கட்டி வெப்பமடைந்து உருகுவதில்லை என்பதையும் குறிப்பிட வேண்டும். அதன் ஒளி விலகல் விகித எண் நீரினுடயதை விடச் சற்று குறைவாயிருக்கிறது. நீர்நிரம்பிய

கோளவடிவப் பாத்திரத்தை எரிக்கும் கண்ணாடியாகப் பயன்படுத்த முடியுமாதலால், அதே வடிவத்திலுள்ள பனிக்கட்டித் துண்டையும் அவ்வாறே உபயோகிக்க முடியும். ஜூல் வேர்கனின் காப்டன் ஹட்டீராஸின் தீரச் செயல்கள் என்னும் நூலில் பிரயாணிகள் தீயோ, அதை உண்டாக்க எதுவுமோ இல்லாமல், வெப்ப நிலை பூஜ்யத்திற்கு கீழே 48 சென்டிகிரேட் டிகிரியுள்ள கடுங்குளிரான நிலையில் அகப்பட்டுக் கொண்டபோதுடாக்டர் கிளாபானி பனிக்கட்டியை "எரிக்கும் கண்ணாடியாய்" உபயோகித்து நெருப்பை உண்டாக்கினார்.

"இக்கட்டான நிலையில் மாட்டிக் கொண்டு விட்டோம்" என்றான் காப்டன்.

"ஆமாம்' என்று பதிலளித்தார் டாக்டர்.

"நெருப்பு உண்டாக்குவதற்குக் கைத்தொலை நோக்கிக் கண்ணாடிகூட நம்மிடம் இல்லையே!"

"கண்ணாடி இல்லாமற் போனது பரிதாபம்தான். உலர்ந்த பாசியைத் தீப்பற்றச் செய்யுமளவிற்கு வெய்யில் கடுமையாகவே இருக்கிறது" எனக் கூறினார் டாக்டர்.

"அப்படியானால் இந்தக் கரடியைப் பச்சையாகவே தின்ன வேண்டியதுதானா?'' என்றான் காப்டன்.

"வேறு வழியில்லை. ஆனால் ஒன்று செயலாமே!'

"என்ன?" என்று ஹட்டீரா கேட்டான்.

"எனக்கு ஒரு யோசனை தோன்றியிருக்கிறது."

"அப்படியானால் பிழைத்தோம்' என்றான் காப்டன்.

"ஆனால்..." என்று டாக்டர் தயங்கினாற்போல் இழுத்தார்.

"என்ன?' என்று கேட்டான் காப்டன்.

"எரிக்கும் கண்ணாடி இல்லை என்றால் என்ன? நாமே ஒன்றைச் செய்ய முடியும்."

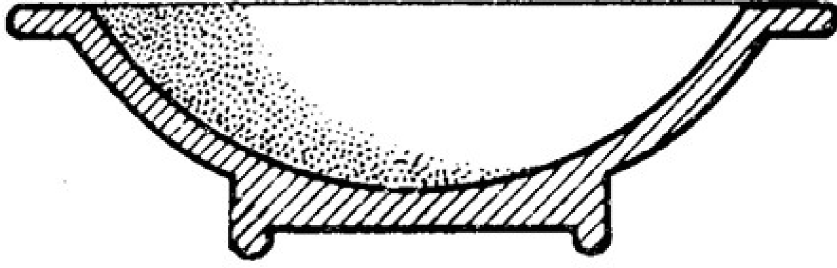
"எப்படி என்று கேட்டான் காப்டன்.

"பனிக்கட்டித் துண்டிலிருந்து."

“அது வேலை செய்யுமென்று நினைக்கிறீர்களா?

“ஏன் செய்யாது? சூரியனின் கதிர்களை உலர்ந்த பாசியின் மீது குவியச் செய்ய வேண்டும். பனிக்கட்டித் துண்டினால் அதைச் செய்ய முடியும். தூய நீர்ப் பனிக்கட்டியாயிருந்தால் இன்னும் நல்லது - ஒளிபுகும் தன்மை அதற்கு அதிகமாயிருக்கும்; விரைவில் உடைந்தும் போகாது.”

“சுமார் நூறு அடிக்கு அப்பாலிருந்த பனிப்பாறையைச் சுட்டிக்காட்டியபடி நமக்குத் தேவையானது அந்தப் பனிப்பாறை” என்று காப்டன் உரைத்தான்.



படம் 114. பனிக் கட்டியினாலான எரிக்கும் கண்ணாடியைச் செய்வதற்கான கிண்ணம்.

‘ஆமாம், கோடாரியை எடுத்துக் கொள், போகலாம்.’

“மூவரும் அதனருகில் சென்று பார்த்தபோது அது தூய நீர்ப்பனிக்கட்டியாய் இருந்ததைக் கண்டனர்.

“ஓர் அடி விட்டமுள்ள துண்டு ஒன்றை வெட்டும்படி டாக்டர் சொன்னார். பிறகு கோடரி, கத்தி ஆகியவற்றால் செதுக்கித் தனது கைகளினாலேயே மழமழப்பாக்கி நல்ல ஒளிபுகும் எரிக்கும் கண்ணாடி ஒன்றை அவன் செய்தான். சூரியனின் கதிர்களை உலர்ந்த பாசியின் மீது டாக்டர் குவியச் செய்தார். சில வினாடிகளில் பாசி எரியத் தொடங்கிற்று.”

ஜூல் வேர்னின் கதையில் நிகழ்ந்தது நடக்க முடியாததல்ல. 1763 இங்கிலாந்தில் இது வெற்றிகரமாய்ச் செய்து காட்டப்பட்டது. அப்போதிருந்து பல தடவை பனிக்கட்டி இவ்வாறு பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. பூஜ்யத்திற்கு 48டிகிரி சென்டிகிரேடுக்கும் குறைவான கடுங்குளிரில் கோடரி, கத்தி, “ஒருவரது கை” ஆகியவை போன்ற முரட்டுக் கருவிகளைக் கொண்டு பனிக்கட்டியினாலான எரிக்கும் கண்ணாடி ஒன்றைச் செய்ய முடியும் என்பதை நம்புவது சற்றுக்

கடினமாகவே இருக்கிறது. ஆயினும், அதைவிட எளிமையான முறை ஒன்று உள்ளது: தகுந்த வடிவமுள்ள கிண்ணத்தில் சிறிது நீரை ஊற்றவும்; அதை உறையவைத்து, அடிப்பகுதியை மெல்லச் சூடாக்கி, பனிக்கட்டியை எடுத்து எரிக்கும் கண்ணாடியாய் உபயோகிக்கலாம்.

சூரிய ஒளி துணை புரிகிறது

வடநாடுகளில் குளிர்காலத்தில் இன்னொரு பரிசோதனையையும் எளிதில் செய்ய முடியும். ஒரே அளவுள்ள கறுப்புத் துணி ஒன்று, வெள்ளைத் துணி ஒன்று - இரண்டையும் வெய்யிலில் பனியின் மீது விரித்துப் போடவும், இரண்டொரு மணி நேரத்தில் கறுப்பு துணி அமுங்கித் தணிந்து போயிருக்கும். வெள்ளைத் துணி மட்டும் போட்டபடியே இருக்கும். கறுப்புத் துணிக்கு அடியிலுள்ள பனி விரைவாக உருகுகிறது. ஏனெனில், இந்நிறமுள்ள துணி தன்மீது விழும் சூரியக்கதிர்களைப் பெருமளவிற்குக்கிரகித்து வெப்பமடைந்துவிடுகிறது. வெள்ளைத் துணியோ சூரியக் கதிர்களில் பெரும்பகுதியைச் சிதடிறத்துவிடுவதால், அது அவ்வளவு அதிகமாக வெப்பமடைவதில்லை.

அமெரிக்க சுதந்திரப் போரில் புகழ்பெற்ற வீரரும் இடிதாங்கியைக் கண்டுபிடித்து புகழ் பெற்றவருமான பெஞ்சமின் பிரான்க்லின் பின்வரும் சுவையான சோதனையைச் செய்து பார்த்தார்:

“தையற்காரனிடமிருந்து பல்வேறு நிறங்களில் சிறிய சதுரமான துணித்துண்டுகளை எடுத்துவந்தேன். கறுப்பு, கருநீலம், வெளிர் நீலம், பச்சை, கருஞ்சிவப்பு, சிவப்பு, மஞ்சள், வெள்ளை என்று பல நிறச்சாயல்கள் இருந்தன. நல்ல வெய்யில் அடிக்கும் காலைநேரத்தில் அவற்றைப் பனியின் மீது விரித்தேன். சில மணி நேரத்திற்குள் (அவ்வளவு சரியாக எத்தனை மணி நேரமென்று அப்பொழுது என்னால் கூற முடியவில்லை) வெய்யிலினால் அதிக அளவிற்கு வெப்பமாக்கப்பட்ட கறுப்புத் துணி, சூரியனின் கதிர்கள் படமுடியாத கீழ்ப்பகுதிக்கு இறங்கிவிட்டது; கருநீலத் துணியும் ஏறக்குறைய அதே அளவிற்கு இறங்கியிருந்தது. வெளிர்நீலத் துணி கருநீலத் துணிபோல் அவ்வளவு இறங்கவில்லை. வேறு நிறத் துணிகள் இன்னும் குறைந்த அளவிற்கே இறங்கியிருந்தன. ஏனெனில் அவற்றின் நிறங்கள் அதிக அளவிற்கு வெளுப்பாய் இருந்தன. முழுவதும் வெளுப்பான துணி பனியின் பரப்பின்மீதே இருந்தது.

“தத்துவ அறிவைக் குறிக்கும் எதுவும் ஏதேனும் ஒரு வகையில் பயன்படாது இருக்குமா?- இச்சோதனையிலிருந்து நாம் தெரிந்துகொள்ளக் கூடியது என்னவெனில், வெப்பமான வெய்யில் காலத்தில் வெள்ளை உடைகளைப் போல், கறுப்புடைகள் அதிக அளவிற்கு வெப்பமடைகின்றன; அத்துடன் நாம் நடக்கும்போது ஏற்படும் வெப்பமும் சேர்ந்து கொண்டால், ஆபத்தான காய்ச்சல்கள்கூட வரக்கூடும். வெப்பத்தைப் பிரதிபலித்து அனுப்பிவிடும் வெள்ளைத் தொப்பிகளே ஆண்களும் பெண்களும் வெய்யில் காலத்தில் அணிந்து கொள்ள வேண்டும். இந்த சூட்டினால் பலருக்குத் தலைவலியும், சிலருக்கு மயக்கமும் ஏற்படக்கூடும். பழங்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் அரையின் சுவர்கள் கறுப்பாயிருந்தால் பகல் பொழுதில் அவை கிரகிக்கும் வெப்பம் ஓரளவுக்காவது இரவில் எஞ்சியிருந்து பழங்கள் கடுங்குளிரால் கெட்டும் போகாதவாறு பாதுகாக்கிறது. அல்லது அவை பழுப்பதைத் துரிதப்படுத்துகிறது. இதே போல் பெரிதும் சிறிதுமான பல்வேறு விவரங்கள் சிந்தனையுடையோருக்கு அவ்வப்பொழுது புலப்படும்.”

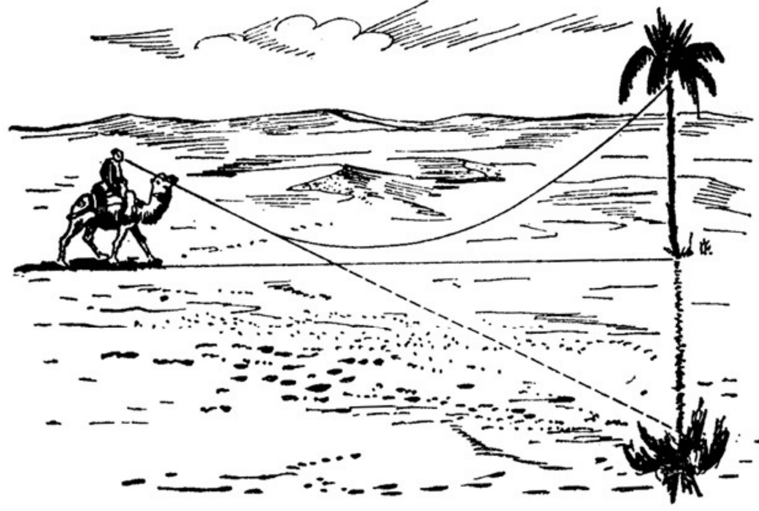
இது பற்றி அறிவினால் கிடைக்ககூடிய பலனுக்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு, ஜெர்மானியர்கள் 1903இல் “ஹால்” என்னும் கப்பலில் தென் துருவத்திற்குப் பிரயாணம் செய்த போது கிடைத்தது. கப்பலைச் சுற்றி எல்லாப் பக்கங்களிலும் பனிக்கட்டி உறைந்துவிட்டது. வெடிமருந்துகள், ரம்பங்கள், இன்னும் அத்தகைய சந்தர்ப்பங்களில் கையாளப்படும் வழி முறைகள் யாவும் பயனற்றுப் போயின. அந்நிலையில்தான் சூரியக்கதிர்கள் பயன்பட்டன. இரண்டு கிலோமீட்டர் நீளமும் பத்து மீட்டர் அகலமும் கொண்ட பரப்பு முழுவதிலும் கப்பலின் முன்பகுதியிலிருந்து அருகிலிருந்த பனிக்கட்டி யிலுள்ள பிளவு வரை கறுப்பான சாம்பலும் நிலக்கரியும் தூவப்பட்டன. இது நடந்தது அன்டார்க்டிக் கோடையாதலால், பகற்பொழுது நீண்டும், வானம் தெளிவாக இருந்தது. எனவே, வெடிமருந்துகள் ரம்பங்களும் சாதிக்கத் தவறியதை வெய்யில் சாதித்துவிட்டது! கரியும் சாம்பலும் தூவப்பட்ட பகுதியில் பனிக்கட்டி உருகிக் கப்பல் வெளிப்பட்டது.

பொய்த் தோற்றங்கள்

கானல்நீர் போன்ற பொய்த்தோற்றங்களை உண்டாக்குவது என்பதை நீங்கள் எல்லோரும் அறிந்திருப்பீர்கள் என நினைக்கிறேன். காயும் சூரியன், பாலைவன மணல்தரையைச் சூடாக்கி, அதற்கு ஆடியின் இயல்பையும் அளிக்கிறது. நிலப்பரப்பின் மீதுள்ள வெப்பமான காற்று

அடுக்கின் அடர்த்தி, இன்னும் மேலேயுள்ள அடுக்குகளின் அடர்த்தியைவிடக் குறைவாயிருப்பதாலேயே இது நிகழ்கிறது. தொலைவிலுள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து சாய்வாக வரும் ஒளிக்கதிர்கள் இவ்வடுக்கிற்கு வந்து, ஆடி ஒன்றின் மீது மிக விரிவான கோணத்தில் பட்டு, அதனால் எதிரொலிக்கப்படுவதைப் போல், மேற்புறமாக வளைகின்றன. பாலைவனப் பிரயாணி, ஒரு நீர்பரப்பைப் பார்ப்பதாகவும், அதன் கரையிலுள்ளவை அந்த நீரில் பிரதிபலிப்பதாகவும் நினைக்கிறான் (படம் 115). நிலப்பரப்பிற்கு அலுருகிலுள்ள வெப்பமான காற்று அடுக்கு, ஆடியைப் போல் இருக்கிறது என்பதற்குப் பதிலாக நீர்மூழ்கிக் கப்பலிலிருந்து பார்க்கப்படும் நீர்ப்பரப்பைப் போல் இருக்கிறது என்றே சொல்ல வேண்டும். இது சாதரண ஒளிப்பிரதிபலிப்பு அல்ல; இயற்பியலாளர்கள் கூறுவதுபோல், முழுஅக எதிரொலிப்பு என்படுவதாகும். காற்று அடுக்கின் மீது படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பதைவிட மிகவும் அதிகமான, மிகவும் விரிவான கோணத்தில் ஒளி படும்போது இத்தோற்றம் ஏற்படுகிறது. கோணம் இவ்வளவு விரிவாக இல்லாவிட்டால், ‘முற்றுக் கோணம்” எனப்படுவதை அது தாண்டாது. (படுகோணம் முற்றுக் கோணத்திற்கு அதிகமாயிருந்தால்தான் “முழு அக எதிரொளிப்பு” ஏற்படும்.)

அடர்த்தி குறைவான அடுக்குகளுக்கு மேல் அடர்த்தி அதிகமான அடுக்குகள் இருக்க வேண்டும் என்பதைக் கவனிக்கவும். எனினும், அடர்த்தி அதிகமான காற்று அதிகக் கனமுள்ளது என்றும், கீழேயிருக்கும் அடர்த்தி குறைவான காற்றின் இடத்திற்கு அது வந்து, அதை மேலே செல்லும்படிச் செய்யும் என்றும் நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறானால், கானல் நீர்த் தோற்றத்தில், அடர்த்தி

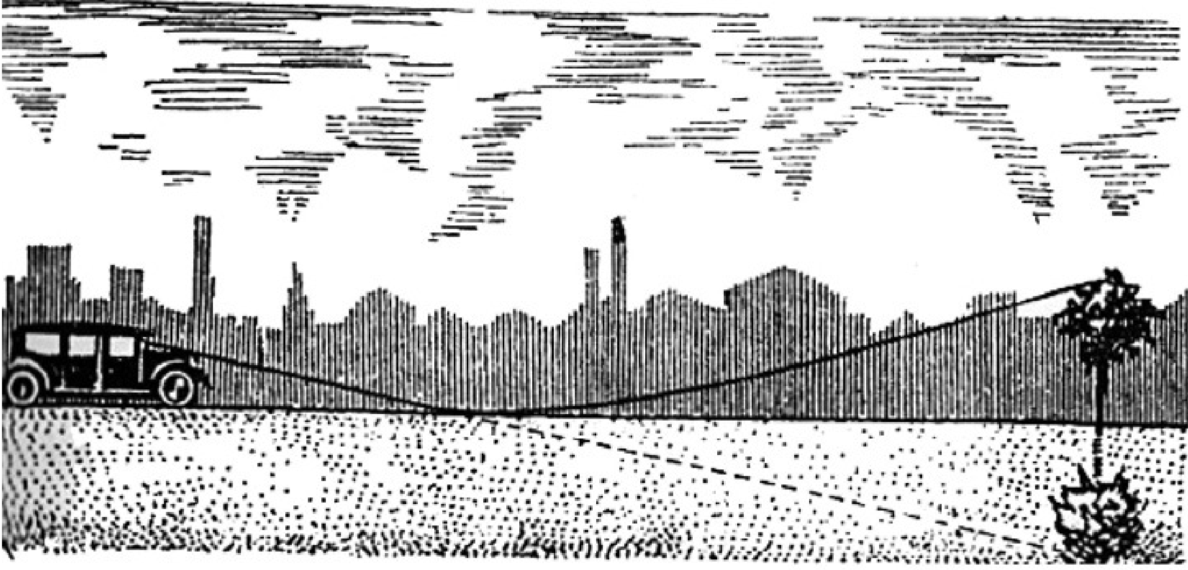


படம் 115. பாலைவனத்தில் தோன்றும் கானல்நீர்க் காட்சியின் விளக்கம். சாதாரணமாகப் பாடப்புத்தகங்களில் காணப்படும் இச்சித்திரத்தில் கதிர்கள் தரையை நோக்கி மிகவும் செங்குத்தாக வருவதாகக் காட்டப்படுகின்றன.

அதிகமான காற்று, அடர்த்தி குறைவான காற்றுக்கு மேலே ஏன் இருக்கிறது? காற்று எப்போதும் இயங்கிக் கொண்டே இருப்பதால்தான், சூடாக்கப்பட்ட மேற்பரப்பு காற்று, புதிது புதிதாகச் சூடாக்கப்படும் காற்றால் நகர்த்தப்பட்டுக் கொண்டே இருக்கிறது. எனவே, வெப்பமான மணலின் மீது எப்போதுமே சிறிதளவு அடர்த்தி குறைவான காற்று இருந்து கொண்டிருக்கிறது.

இத்தோற்றம் தொன்று தொட்டு மக்களுக்குத் தெரிந்த ஒன்று. (காண்போனுக்குச் சற்று அதிகமான உயரத்தில் உண்டாகும் மற்றொரு வகைக் கானல்நீர், அடர்த்தி குறைந்த மேலடுக்குகளில் ஏற்படும் ஒளி எதிரொளிப்பால் உண்டாகின்றது.) இந்த கானல் நீர் கடும் வெயில் காயும் தென்பகுதிப் பாலைவனங்களில் மட்டுமே காணப்படுகிறது, வட பகுதிகளில் காணப்படுவதில்லை என்பதாய்ப் பெரும்பாலோர் நினைக்கின்றனர். அது தவறு, தார் போட்ட பாதைகளில் கோடைக்காலத்து வெய்யில் நாட்களில் இது அடிக்கடி காணப்படுகிறது. இப்பாதைகள் கறுப்பாயிருப்பதால் சூரியனால் அவை அதிக அளவிற்குச் சூடாக்கப்படுகின்ற. மங்கலான பாதையின் மேற்பரப்பு, தொலைவிலுள்ள பொருள்களைப் பிரதிபலிக்கக் கூடிய நீர்ப்பரப்புபோல் தோன்றுகிறது. இங்கு ஒளி செல்லும் பாதையைப் படம் 116 காட்டுகிறது. சற்றுக் கவனத்துடன் பார்க்கக் கூடியவர்களுக்கு இந்தக் கானல்நீர் தோற்றங்கள் அதிக அளவிற்கு அடிக்கடி தென்படும்.

இன்னொரு வகைக் கானல் நீர் தோற்றமும் - பக்கவாட்டில் தோன்றும் ஒன்றும் - உண்டு. இப்படி ஒன்று இருப்பதாக சாதாரணமாய் யாரும் நினைத்தே இருக்க மாட்டார்கள். பிரெஞ்சுக்காரர் ஒருவரால் விவரிக்கப்பட்டிருக்கும் இவ்வகைக் கானல்நீர்த் தோற்றம், சூடாக்கப்பட்ட வெறும் சுவரிலிருந்து ஏற்படும் ஒளிப்பிரதிபலிப்பினால் உண்டாவதாகும். கோட்டை ஒன்றின் சுவரை அவர் நெருங்கிக் கொண்டிருந்தபோது, கோட்டையின் சுவர் திடீரென ஆடீபோல்பளபளத்து சுற்றிலுமிருந்த பொருள்களைப் பிரதிபலித்ததைக்

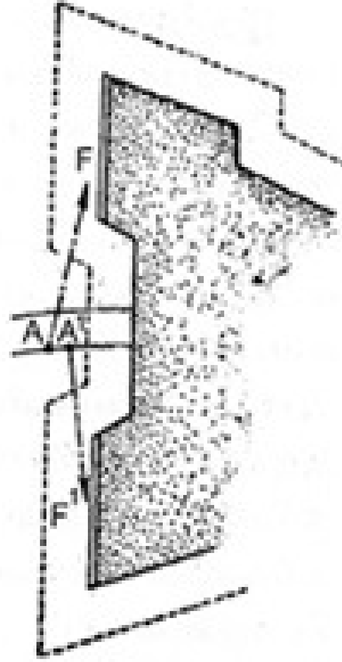


படம் 116. தார் போடப்பட்ட நெடுஞ்சாலையில் ஏற்படும் கானல்நீர்.

கண்டார். இன்னும் சில அடிகள் சென்றதும் மற்றொரு சுவரிலும் அதே மாதிரியான தோற்றத்தைப் பார்த்தார். தகிக்கும் வெயிலால் சுவர்கள் சூடாக்கப்பட்டதாலேயே இது நிகழ்ந்திருக்க வேண்டுமென அவர் தீர்மானித்தார். படம் **117**இல் சுவர்களின் நிலைகளையும் **(F, F1),** அவர் நின்று கொண்டிருந்த இடங்களையும் **(A, A1)** காணலாம். சுவர்போதிய அளவிற்குச் சூடாகும் போதெல்லாம் கானல்நீர்த் தோற்றம் தோன்றியதை அவர் கவனித்தார். அதைப் புகைப்படங்கள் கூட எடுத்திருக்கிறார்.

படம் **118**இல் இடது பக்கத்தில் உள்ள கோட்டைச் சுவர் **(F)** திடீரெனப் பளபளப்பான ஆடியாக **(A1)** என்னுமிடத்திலிருந்து புகைப்படம் எடுக்கப்பட்டு வலது பக்கத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பது) மாறுவதைப் பார்க்கலாம். சாம்பல்நிறக் கான்க்ரீட் சுவரினால், அதன்

அருகில் நின்று கொண்டிருக்கும் படையாட்களைப் பிரதிபலிக்க முடியாதுதான். ஆனால் அதே சுவர் (வலது புறத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் போல்) அதிக அளவிற்கு பளபளப்பான ஆடியாகத் திடீரென மாறும்போது, அருகில் இருக்கும் போர்வீரனைச் சமச் சீராகப் பிரதிபலிக்க முடிகிறது. உண்மையில் அவனைப் பிரதிபலிப்பது சுவர் அன்று; அதன் அருகிலுள்ள சூடாக்கப்பட்ட காற்றின் அடுக்குத்தான். வெப்பம் மிகுந்த கோடை நாளில் பெரிய கட்டிடங்களின் சுவர்களை கவனித்தால், அவற்றின் அருகில் இல்வகைக் கானல்நீர்த் தோற்றத்தை நீங்கள் பார்க்க முடியும்.

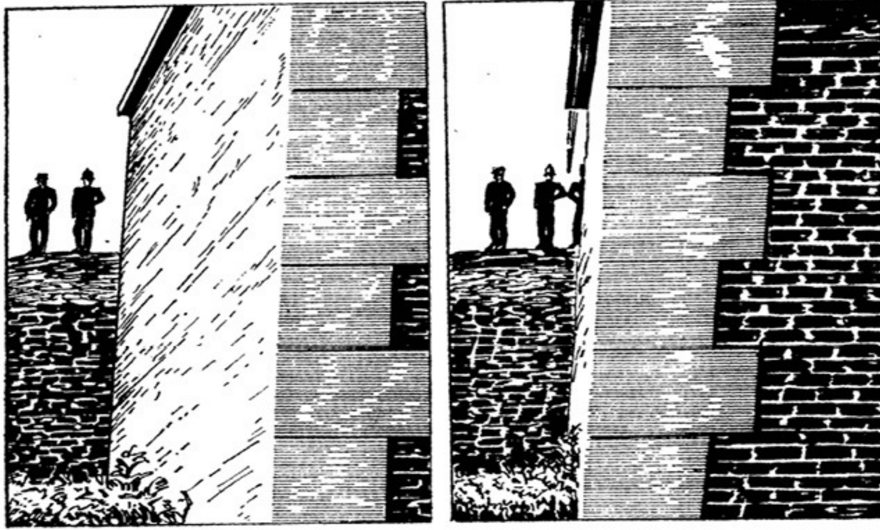


படம் 119. சாம்பல் நிறமுள்ள சொரசொரப்பான சுவர் (இடது பக்கம்) திடீரெனப் பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஆடியைப் போல் (வலது பக்கம்) காணப்பட்டது.

“பச்சைக் கதிர்”

“தொடுவானத்திற்குக் கீழே சூரியன் கடலினுள் மூழ்குவதை நீங்கள் பார்த்தது உண்டா? நிச்சயமாகப் பாத்திருப்பீர்கள். அதன் மேல்விளிம்பு தொடுவானத்தைத் தொட்டு, பிறகு மறைவைத்துக் கவனித்திருக்கிறீர்களா?

அதையும் பார்த்திருக்கலாம். ஆனால் மேகம் எதுவுமில்லாமல் வானம் தெளிந்த நீலமாயிருக்கும்போது, சூரியன் தனது கடைசிக் கதிரைச் சிந்தும் கணத்தில் என்ன நிகழ்கிறது என்பதை உற்றுப்பார்த்திருக்கிறீர்களா? அநேகமாகப் பார்த்திருக்கமாட்டீர்கள். அப்படியானால், இந்த வாய்ப்பை இழக்கமாட்டீர்கள். அப்படியானால், இந்த வாய்ப்பை இழக்காதீர்கள். சிவப்புக் கதிருக்குப் பதிலாக, எந்த ஓவியனாலும் தீட்ட முடியாத, பல்வேறு நிறச் சாயல்களுள்ள



படம் 118. சாம்பல் நிறமுள்ள சொரசொரப்பான சுவர் (இடது பக்கம்) திடீரெனப் பளபளப்பாக்கப்பட்ட ஆடியைப் போல் (வலது பக்கம்) காணப்பட்டது.

“செடியினங்களிலோ, மிகத் தெள்ளிய கடல்களிலோ இயற்கை அன்னையுங்கூட காண்பித்திராத அற்புதமான பச்சைச் கதிர் ஒன்றைக் காண்பீர்கள்.”

ஆங்கிலத் தினசரி ஒன்றில் வெளியான இக்குறிப்பைக் கண்டு ஜூல் வேர்னின் பச்சைக் கதிர் என்னும் நூலின் இளம் கதாநாயகி தனது கண்களினாலேயே அக்காட்சியைக் காண வேண்டும் என்று உலகம் பூராவும் சுற்றினாள். காட்லாந்தைச் சேர்ந்த இக்கதாநாயகியினால் அக்காட்சியை என்னவோ காணமுடியவில்லை. எனினும், அது உண்மையான ஒன்று; அதைப்பற்றி ஏராளமான கதைகள் அடிபட்டாலும், அது ஒரு கற்பனையல்ல. அதைத் தேடிக் கண்டுபிடிப்பதற்குப் போதிய சிரமம் எடுத்துக் கொண்டால், இயற்கை ரசிகர் எவரும் அதைப் பார்த்து மகிழ முடியும்.

இப்பச்சைக் கதிர் அல்லது பச்சை ஒளிவீச்சு எங்கிருந்து வருகிறது? ஒரு பொருளைக் கண்ணாடிப் பட்டகத்தினூடே நோக்கிய போது நீங்கள் கண்டதை நினைவுப்படுத்திக் கொள்ளுங்கள். அடியிற் கண்டவாறு செய்யவும். பட்டகத்தின் அகலமான கிடைமட்டத் தளம் கீழ்நோக்கியிருக்கும்படி அதைப் பிடித்துக் கொண்டு, சுவரில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காகிதத் தாள் ஒன்றை அதனூடாகப் பர்க்கவும். அக்காகிதத் தாள் முதலாவதாகச் சற்று மேலேயும், இரண்டாவதாக மேல்விளிம்பில் ஊதா - நீல நிறத்துடனும் அடிவிளிம்பில் மஞ்சள் - சிவப்பு நிறத்துடனும் காட்சியளிக்கும். அது மேலே காணப்படுவதற்குக் காரணம் ஒளி விலகல்; விளிம்புகள் நிறங்களுடன் காணப்படுவதற்குக் காரணம். கண்ணாடியிக்கிருக்கும் வெவ்வேறு நிற ஒளிகளை வெவ்வேறு அளவிற்குச் விலகச் செய்யும் தன்மை. வேறு எந்த நிறத்தையும்விட ஊதாவையும் நீலத்தையும் அதிக அளவிற்கு அது வளையச் செய்கிறது. எனவேதான் மேற்பகுதியில் ஊதா-நீல விளிம்பு ஒன்றை நாம் காண்கிறோம். சிவப்பை மிகவும் குறைவாக அது வளைப்பதால் அடி விளிம்பு இதே நிறத்துடன் இருக்கிறது.

மேற்கொண்டு நான் தரும் விளக்கங்களை எளிதில் நீங்கள் புரிந்து கொள்ளும் பொருட்டு, இந்த வர்ண விளிம்புகள் எப்படித் தோன்றுகின்றன என்பதைப் பற்றிச் சிறிது சொல்லியாக வேண்டும். காகிதத் தாளிலிருந்து வரும் வெண்மையான ஒளியை நிறமாலையின் எல்லா நிறங்களாகவும் பட்டகம் பிரித்துவிடுகிறது; எனவே, காகிதத்தின் பிம்பங்கள் பலநிறங்களில் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் விலகலைப் பொறுத்து அவை வரிசையாகவும், சில சமயம் ஒன்றின் மேல் ஒன்றாகவும் உள்ளன. இப்பல நிறப் பிம்பங்களும் ஒன்றின் மேல் ஒன்றாக இருப்பதால் அவை அனைத்தும் சேர்ந்த வெண்மை ஒளியை (நிறமாலையின் நிறங்களின் தொகுப்பை) உண்டாக்ககிறது; ஆனால், மேலும் கீழும் மட்டும் விளிம்புகள் நிறம் பெற்றுத் தோன்றுகின்றன. பிரபல ஜெர்மானியக் கவிஞரும் இயற்கையியலாளருமான கேதே இப்பரிசோதனையைச் செய்தார்; ஆனால், அதன் மெய்யான அர்த்தத்தை அவர் புரிந்து கொள்ளவில்லை. நியூட்டனின் நிறத்தத்துவத்தைத் தகர்த்துவிட்டதாக அவர் எண்ணினார். பின்னர், நிறங்களின் தத்துவம் என்னும் தமது நூலை எழுதினார், முற்றிலும் தவறான கருத்துக்களையே ஆதாரமாகக் கொண்டிருந்தது. ஆனால், நீங்கள் அத்தகைய தவறைச் செய்து, பட்டகம் ஒரு புதிய முறையில் வண்ணப் பூச்சு அளித்திடுமென எதிர்பார்க்க மாட்டீர்கள் என்று நினைக்கிறேன்.

பூமியின் வளிமண்டலம் நமது கண்ணுக்குக் காற்றினாலான மாபெரும் பட்டகம் போல் இருக்கிறது. இப்பட்டகத்தின் அடி நம்மை நோக்கி அமைந்துள்ளது. தொடுவானத்திலிருக்கும் சூரியனை வாயுவினாலான பட்டகத்தினூடாக நாம் பார்க்கிறோம். சூரிய பிம்பம் மேற்புறத்தில் நீலம்பச்சை விளிம்புடனும் அடிப்பகுதியில் மஞ்சள் - சிவப்பு விளிம்புடனும் காணப்படுகிறது. சூரியன் தொடுவானத்திற்கு மேலே இருக்கும்போது, அதன் விம்பத்தின் பிரகாசம், பிரகாசம் குறைவாயுள்ள பிற நிறங்களை அனைத்தையும்விட பலமாயிருக்கிறது. ஆகவே இந்தப் பிற நிறங்களை நாம் பார்க்க முடிவதில்லை. ஆனால் கிட்டத்தட்டச் சூரியனின் முழு பிம்பமும் தொடு வானத்திற்குக் கீழே இருக்கும் சூரியோதயங்களின் போதும் சூரியா தமனங்களின் போதும், மேல்விளிம்பில் இரு நீலநிற விளிம்புகளை (மேலே ஆகாச நீல நிறமும் அதற்குச்சிறிது கீழாகச் சற்று வெளுத்த நீல - அதாவது, பச்சையும் நீலத்தையும் கலந்த - நிறமும் உள்ள விளிம்புகளை) காணலாம். தொடுவானத்திற்கு அருகிலுள்ள காற்று தெளிவாகவும் ஒளி கசியுந்தன்மை உடையதாகவும் இருந்தால், நாம் ஒரு நீல விளிம்பை அல்லது "நீலக் கதிரைப் பார்க்கலாம். ஆனால், பெரும்பாலும் வளிமண்டலம் நீலக்கதிர்களைச் சிதறடித்துவிடுவதால், எஞ்சியிருக்கும் பச்சைவரம்பையே - "பச்சைக் கதிரையே" - பார்க்கிறோம். ஆயினும் தெளிவில்லாத வளிமண்டலம் நீலக் கதிர்கள், பச்சைக் கதிர்கள் இரண்டையுமே அடிக்கடி சிதறடித்துவிடுவதால், நாம் ஒரு வரம்பையும் பார்க்க முடிவதில்லை; அப்போது, மறையும் சூரியன் ஆழ்ந்த சிவப்பு நிறமுடையதாய்த் தெரிகிறது.

சோவியத் வானவியல் அறிஞர் துஹவ் "பச்சைக் கதிர்" என்று ஓர் ஆய்வுரை எழுதியிருக்கிறார்; இக்கதிரைக் காண்பதற்குரிய சிலநிலைகளை அவர் அதில்குறிப்பிட்டுள்ளார்.

"அஸ்தமிக்கும் சூரியன் ஆழ்ந்த சிவப்பாகக் காட்சியளிக்கும் சமயம் வெறும் கண்ணினால் அதைப் பார்க்கும்போது, கண்ணிற்கு ஒரு சிரமமும் இல்லாவிட்டால், பச்சை ஒளிவீச்சு இருக்காதென நிச்சயமாகக் கூறலாம்" என்கிறார். இது தெளிவாக விளங்குவதே ஆகும்; சூரியன் சிவப்பாகத் தெரிகிறது என்றால், வணிமண்டலம் நீலக்கதிர்களையும் பச்சைக் கதிர்களையும், அதாவது, சூரிய விம்பத்தின் மேல்விளிம்பு முழுவதையும் பலமாகச் சிதறிடித்துவிடுகிறது. மாறாக, மறையும் அஸ்தமிக்கும் சூரியன் தனது வழக்கமான வெளுப்புமஞ்சள் நிறத்தை மாற்றாதிருந்து பிரகாசமாகவும் இருந்தால் (அதாவது, வளிமண்டல உட்கவர்தல்

குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு இல்லையென்றால் - யா. பெரெல்மான்.) பச்சை ஒளிவீச்சை எதிர்பார்க்கலாம். எனினும், தொடுவானம் மேடு பள்ளங்களோ, கோடாகக் காணப்பட வேண்டும். இந்நிலைகள் அனைத்தும் கடலில் இருப்பதால், இந்தக் பச்சை ஒளிவீச்சை அடிக்கடி பார்க்கும் வாய்ப்பு மாலுமிகளுக்கே கிடைக்கிறது."

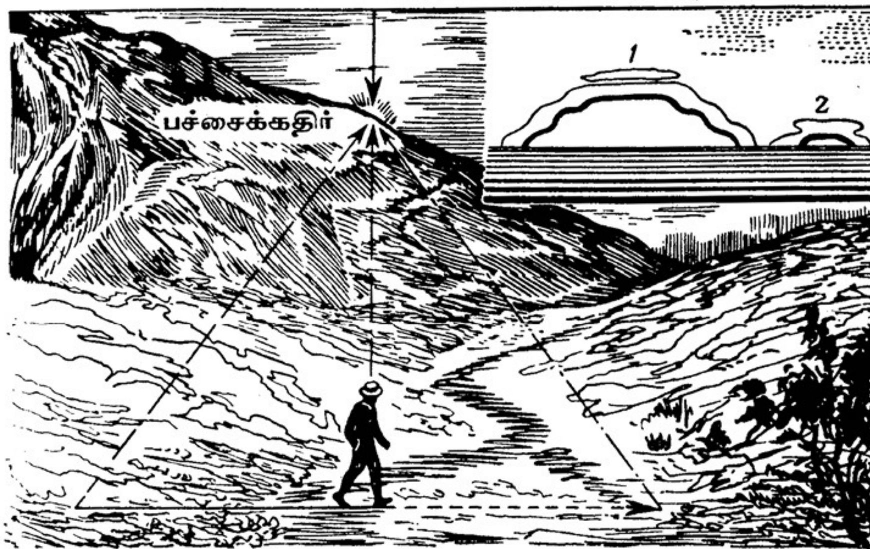
சுருங்கக் கூறுமிடத்து சூரியன் உதிக்கும் அல்லது அஸ் தமிக்கும் சமயத்தில் வானம் தெளிவாகியிருந்தால்தான் பச்சைக் கதிரைப் பார்க்க முடியும். தென்பகுதிகளில் தொடுவானத்தின் அருகிலுள்ள விண்பகுதிக்கு ஒளிகசியுந்தன்மை கூடுதலாய் இருப்பதால்? "பச்சைக் கதிரைப் பார்க்கும் வாய்ப்பு அப்பிரதேசங்களில் அதிகமாயிருக்கிறது. ஆனால், வட அட்சரேகைப் பகுதிகளிலும், பலர் நினைப்பதுபோல் (இதற்குக் காரணம் ஜூல் வேர்ன்தான் என்று எண்ணுகிறேன். அது ஒன்றும் அப்படி அபூர்வமானதல்ல, அயராமல் கவனமாய்ப் பார்த்துக் கொண்டிருந்தால் விரைவாகவோ, தாமதமாகவோ "பச்சைக் கதிர்" உங்களுக்குப் புலப்படும். சாதாரணக் கைத்தொலைநோக்கியில்கூட இத்தோற்றம் காணப்பட்டிருக்கிறது.

பிரான்சில் உள்ள அல்சாசைச் சேர்ந்த இரண்டு வானவியலாளர்கள் பின்வருமாறு அதை வர்ணிக்கின்றனர்:

"சூரியன் மறையும் கடைசி நிமிஷத்தின்போது, அதன் விம்பத்தின் பெரும்பகுதி இன்னமும் மறையாத நிலையில் சூரியக் கோளத்தின் அசையும் (ஆனால், தெளிவாகத் தென்படும்) விளிம்பைப் பச்சைக்கரை ஒன்று அணைக்கிறது. ஆனால், சூரியன் முழுவதும் மறையும் வரை, வெறும் கண்ணினால் அதைப் பார்க்க முடியாது. சூரியன் தொடுவானத்திற்குக் கீழே முழுவதும் மறைந்த பிறகுதான் அதைக் காணமுடியும். ஆயினும், போதிய அளவிற்கு உருப்பெருக்கத் திறனுடைய - உருப்பெருக்குத்திறன் சுமார் 100 உள்ள - கைத்தொலைநோக்கியால் பார்த்தால், இம்முழுத்தோற்றத்தையும் நன்றாகவே காண முடியும். சூரியன் மறைவதற்குச் சுமார் 10 நிமிஷத்திற்கு முன்பாகவே பச்சை விளிம்பைப் பார்க்கலாம். சூரிய விம்பத்தின் மேற்பாதியின் ஓரத்தில்பச்சை விளிம்பும், கீழ்ப்பாதியின் ஓரத்தில் சிவப்பு விளிம்பும் தென்படுகின்றன. முதலில் அவ்விளிம்பு மிகவும் குறுகியதாகவே (கோண அளவில் ஒரு சில வினாடிகளே கொண்டதாக இருக்கிறது. சூரியன் மறைய மறைய அது, சில சமயம் கோண அளவில் ஒரு பாதி வரையிலுமான அகலமுடையதாகிவிடுகிறது. பச்சை விளிம்பிற்குமேல் பச்சை நிறச்

சுடர்க்கொழுந்துகளையும் காணலாம். சூரியன் படிப்படியாக இறங்கும் போது இச்சுடர்க்கொழுந்துகள் உச்சிக்க வந்து, பிறகு அதனின்று முற்றிலும் விலகிச் சில வினாடிகள்வரை பிரகாசித்துவட்டு மறைகின்றன.” (படம் 119).

சாதாரணமாக இத்தோற்றம் இரண்டு வினாடிகளுக்கே நீடிக்கிறது. ஆயினும் மிகவும் சாதகமான நிலைகளில் சற்று அதிக நேரத்திற்கும் நீடிக்கலாம். ஒரு சந்தர்ப்பத்தில் 5 நிமிடத்திற்கு மேல் அது நீடித்தது குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. சூரியன் மலைக்குப் பின்னால் மறைந்துக் கொண்டிருந்த சமயம், விரைவாக நடந்துசென்ற ஒருவர் பச்சை விளிம்பு 5 நிமிடம் நீடித்துத் தெரியக் கண்டார். மலைச் சரிவில் அது இறங்கிச் செல்வது போல அவருக்குத் தெரிந்தது. (படம் சூரிய உதயத்தின் போதும் - அதாவது, சூரியனின் மேல் விளிம்பு



படம் 119. ‘பச்சைக் கதிர்’ நெடுநேரம் தெரிந்தது. மலைத்தொடருக்கு அப்பால் 5 நிமிட நேரம் அது காணப்பட்டது. மேலே வலது பக்கம்: கைத்தொலைநோக்கியில் காணப்படும். “பச்சைக்கதிர்”, சூரியனின் பிம்பம் நெளிந்து காணப்படுகிறது. 1. கண்ணைச் கூசச் செய்யும் சூரிய வெளிச்சம் வெறும் கண்ணினால் பச்சை விளிம்பை நாம் பார்க்க முடியாதபடி செய்துவிடுகிறது. 2. சூரியன் ஏறக்குறைய முழுவதும் அஸ்தமித்தபின் வெறும் கண்ணினாலேயே “பச்சைக் கதிரைப்” பார்க்க முடியும்.

தொடுவானத்திற்குமேல் எட்டிப்பார்க்கும்போதும் - “பச்சைக் கதிர்” பலமுறை கவனிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இது மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும். மறையும் சூரியனுடைய பிரகாச உருவை நெடுநேரம் பார்த்து, கண் பூத்துப் போவதன் விளைவாய் உண்டாகும் ஒரு பிரமைத் தோற்றமே இந்தப் “பச்சைக் கதிர்” என்பதாய் அடிக்கடி கூறப்பட்டு வரும் விளக்கம்

சரியல்லவென்பதை இது நிரூபிக்கிறது. நிற்க, “பச்சை கதிரை” வீசுவது சூரியன் மட்டுமல்ல, வெள்ளிக் கோளும் மறைகையில் இதை வெளியிடுகிறது.

1 [1] சாதாரணமாக எட்டு என்பது Viii என்றே எழுதப்படுகிறது; எண்கள் இம்மாதிரி எழுதப்படும் முறை ‘ரோமானிய முறை’ எனப்படுகிறது... (மொ-ர்)



அத்தியாயம் ஒன்பது: பார்வை

புகைப்பட கலை கண்டபிடிக்கப்படுவதற்கு முன்

புகைப்படங்கள் இன்று நமக்கு சர்வசாதாரணமாகிவிட்டதால், 19ஆம் நூற்றாண்டில் நமது முன்னோர்கள் புகைப்படங்கள் இல்லாமல் எப்படிச் சமாளித்தனர் என்று நினைக்கையில் ஆச்சரியமாயிருக்கிறது. சுமார் நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்பு பிரிட்டிஷ் சிறை அதிகாரிகளினால் ஒருவரின் தோற்றம் எவ்வாறு குறித்துக் வைத்துக் கொள்ளப்பட்ட என்னும் சுவையான விவரம் குறித்து, 19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த பிரிட்டிஷ் எழுத்தாளர் சார்ல டிக்கன் பிக்விக் குழு விட்டுச் சென்ற குறிப்புகள் என்னும் தமது நூலில் விவரிக்கிறார். கடன்பட்டோருக்கான சிறை ஒன்றினுள் பிக்விக் கொண்டுவரப்படுகிறார். அவருடைய உருவம் பதிவு செய்யப்படுவதற்கான அவர் உட்கார வேண்டும் என்று சொல்லப்படுகிறது.

'என் உருவம் பதிவு செய்யப்படப் போகிறதா!' என்றார் பிக்விக்.

'உங்கள் உருவத்தைப் பதிவு செய்யப் போகிறோம். இதில் நாங்கள் நிபுணர்கள். ஒரு நிமிஷத்தில் பதிவு செய்துவிடுவோம். எந்த மாறுபாடுமின்றி அப்படியே இருக்கும். வாருங்கள்; சௌகரியமாக அமர்ந்து கொள்ளுங்கள்' என்று கூறினான் சிறைக்காவலாளன்,

“பிக்விக் அவன் அழைப்பை ஏற்று உட்கார்ந்து கொண்டார். அப்போது நாற்காலிக்குப் பின்னால் நின்று கொண்டிருந்த ஸாம் வெல்லர் மெதுவாகச் சொன்னான்: 'உருவம் பதிவு செய்யப்ட்டுவதற்காக உட்காருவது என்றால் பல வேலையாட்கள் உங்களைப் பரீட்சிப்பது என்றுதான் அர்த்தம். பார்வையாளர்களுக்கும் கைதிகளுக்கும் உள்ள வித்தியாசத்தை அவர்கள் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும் அல்லவா?'

'ஸாம். ஓவியர்கள் வரலாமே. பொது இடம் போல் இருக்கிறதே இது,எத்தனை நேரம் இப்படி உட்கார்ந்திருப்பது?' என்றார் பிக்விக்,

'அவர்கள் வருவதற்கு அதிக நேரம் ஆகாது. டச்சக் கடிகாரங்கூட ஒன்று இருக்கிறதே' என்று பதிலளித்தான் ஸாம்.

'ஆமாம். இருக்கிறது' என்றார் பிக்விக்

'பறவைக்கூண்டுகூட ஒன்று இருக்கிறது. சிறைக்குள் ஒரு சிறை, இல்லையா?' என்று வேடிக்கையாய்க் குறிப்பிட்டான் ஸாம்.

“தத்துவார்த்தக் கருத்து பொறிந்த இச்சொற்களை ஸாம் வெல்லர் கூறிய அதே நேரத்தில் பிக்விக் தமது உருவப் பதிவு தொடங்கிவிட்டதை உணர்ந்தார். சிறைக் காவலாளன் தனது அலுவலிலிருந்த விடுபட்டுக் கீழே உட்கார்ந்து கொண்டான். அவனை விடுவித்த உயரமான ஒல்லி ஆள் தனது மேலங்கியின் பின்புறத்திற்கு அடியில் கைகளை வைத்துக் கொண்டு, பிக்விக்கிற்கு எதிரில் நின்று கொண்டு அவரை நெடு நேரம் உற்றுப்பார்த்தான். கடுகடுப்பான தோற்றத்துடன் இருந்த மூன்றாவது ஆள் ஒருவன் - சிற்றுண்டி சாப்பிடும்போது நடுவில் அவனைக் கூட்டிவந்திருக்க வேண்டும், கடைசி ரொட்டித் துண்டையும் வெண்ணையையும் வாய்க்குள் போட்டுக் மென்றவாறு உள்ளே வந்தான் -பிக்விக்கிற்குப் பக்கத்தில் வந்து நின்று கொண்டு, இடுப்பில் கைகளை வைத்து அவரைக் கூர்ந்து நோக்கினான். மேலும் இருவர் அவர்களுடன் சேர்ந்து கொண்டு பிக்விக்கின் அங்கச்சிறப்புக்களைக் கருத்துடன் உன்னிப்பாய்க் கவனித்தனர். இச்சோதனையின்போது பிக்விக்குக்கு மிகவும் சங்கடமாயிருந்தது. இருப்புக் கொள்ளாதவராய்த் தவிப்புடன் நாற்காலியில் உட்கார்ந்து கொண்டிருந்தார். ஆனால் பிக்விக் வாய் நிறந்து எதுவும் சொல்லவில்லை; ஸாமிடங்கூட ஒன்றும் பேசவில்லை. ஸாமே நாற்காலியின் முதுகின் மீது சாய்ந்தபடி நின்று தன் எஜமானனுக்கு இப்படியா நேர வேண்டும் என்றும், அங்கிருந்த காவலாளர்கள் மீது பாய்ந்து ஒவ்வொருவராய்த் தாக்கி வீழ்த்தினார், சட்டத்துக்கும் அமைதி வழிக்கும் அது ஏற்றதாய் இருந்தால் தனக்கு எவ்வளவு மகிழ்ச்சியாயிருக்கும் என்றும் சிந்தித்துக் கொண்டிருந்தான்.

“கடைசியில், ‘உருவப் பதிவு முடிந்தது, பிக்விக் சிறையினுள் செல்லலாம் என்று அறிவிக்கப்பட்டது.’

அக்காலத்திற்கும் முன்பாக “உருவப் பதிவு” என்பது “அங்கலட்சணங்களின்” வெறும் பட்டியலாகவே இருந்துவந்தது. கிரிகோரி அத்ரேப்பியேவ் என்பவர் ஜார் அரசனின் சாசனத்தில் எவ்வாறு வர்ணிக்கப்பட்டுள்ளார் என்று பூஷ்கின் பரீ பொதுனோவ் என்னும் தமது நூலில் எழுதியிருக்கிறார்; “கட்டையான உருவம்; அகன்ற மார்பு; ஒரு கை சற்று குட்டையானது நீலக் கண்கள்; செம்பட்டை முடிகள்; ஒரு கன்னத்திலும் நெற்றியிலும் இரு மறுக்கள்” இன்று நாம் அவ்வாறு செய்ய வேண்டியதில்லை; அதற்குப் பதிலாக ஒரு புகைப்படமே போதுமானது.

பலருக்குத் தெரியாதது

புகைப்படக் கலை ருஷ்யாவுக்கு முதன்முதலில் வந்தது **1840** ஆம் ஆண்டுகளில், முதலில் டகேரோடைப் எனப்படும் உலோகத் தகடுகளில் தயாரிக்கப்பட்ட பிரதிகளே இருந்தன. டகேர் என்பவர் அம்முறையைக் கண்டுபிடித்ததால் அதற்கு அப்பெயர். அது தொல்லை மிகுந்தது. நெடுநேரம் - பதினான்கு நிமிஷத்திற்கும் அதற்கும் மேலுங்கூட - உட்கார்ந்திருக்க வேண்டும். லெனின்கிராத் இயற்பியல் அறிஞரான பேராசிரியர் பீ.பி. வைன்பெர்க் "எனது தந்தை ஒரு டகரோடைப்பு பிரதிக்காகப் புகைப்படக் காமிராவுக்கு முன்னால் **40** நிமிஷம் உட்கார வேண்டியிருந்தது; இப்பிரதியிலிருந்து வேறு பிரதி எதுவும் எடுக்க முடியாது" என்று சொல்லியிருக்கிறார்.

இருப்பினும், ஓவியரின் உதவியின்றியே ஒருவரது உருவப்படத்தை எடுக்கலாம் என்பது விந்தையான ஒரு புதுமையாயிருந்தது; மக்கள் அதற்குப் பழக்கமாவதற்குச் சிறிது காலம் ஆயிற்று. **1845**இல் வெளியான ஒரு பழைய ருஷ்ய சஞ்சிகையில் பின்வரும் விசித்திரமான சம்பவம் கூறப்படுகிறது:

"டகேரோடைப் காமிரா தானாகவே செயல்படுகிறது என்பதைப் பலரால் இன்னமும் நம்ப முடியவில்லை. உருவப்படம் எடுத்துக் கொள்வதற்கான ஒரு கனவான் வந்தார். சொந்தக்காரர் (புகைப்படம் எடுப்பவர்- யா. பெரல்மான்) அவரை வரவேற்று, அமரும்படிக் கூறினார். லென்சுகளைச் சரிசெய்து, புகைப்படத் தட்டு ஒன்றைச் செருகி, தமது கடிகாரத்தைப் பார்த்துவிட்டு வெளியே சென்றார். அவர் இருந்தபோது கனவான் ஆடாமல் அசையாமல் அப்படியே உட்கார்ந்திருந்தார். ஆனால், அவர் வெளியே சென்றதுதான் தாமதம், இனி மேலும் உட்கார்ந்திருக்க வேண்டியது அவசியமில்லை என்று நினைத்து, எழுந்துவிட்டார். பொடி போட்டுக் கொண்டு, புகைப்படக் காமிராவை ஒவ்வொரு பக்கத்திலிருந்தும் பரீட்சித்தார். லென்சு வழியாகப் பார்த்து, தலையை அசைத்து எவ்வளவு சாமர்த்தியமான என்று முனகிவிட்டு, அறையில் அங்குமிங்குமாக நடந்து கொண்டிருந்தார்.

திரும்பி வந்த புகைப்படக்கார் வியப்புற்று 'என்ன செய்து கொண்டிருக்கிறீர்? உம்மை அசையாமல் உட்கார்ந்திருக்கும்படி அல்லவா சொன்னேன்' என்று கடிந்து கொண்டார்.

'உட்கார்ந்து கொண்டுதான் இருந்தேன். நீங்கள் சென்ற பிறகுதான் எழுந்திருந்தேன்.'

‘அப்போதுதான் அசையாமல் உட்கார்ந்திருக்க வேண்டும்.’

‘காரியமில்லாமல் எதற்காக உட்கார்ந்திருக்க வேண்டும்?’ என்று அவர் சூடாகப் பதிலளித்தார்.”

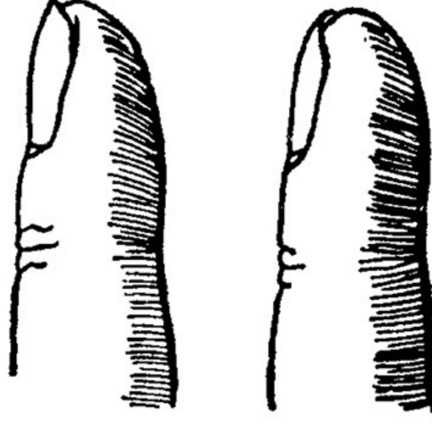
இன்று நாம் இப்படி விவரம் அறியாதோராய் இல்லைதான்.

எனினும், பலருக்கு தெரியாத புகைப்படக் கலை விவரங்கள் சில இன்னமும் இருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, புகைப்படத்தை எப்படிப் பார்ப்பது என்பதை அறிந்தவர்கள் மிகச் சிலரே. புகைப்படக் கலை தோன்றி நூறு ஆண்டுகளுக்கு மேலாகிவிட்டது. சர்வ சாதாரணமானதாகிவிட்டதும் மெய்தான். ஆயினும் இன்றும் அது நாம் நினைப்பதுபோல், அவ்வளவு சுலபமல்ல. புகைப்படக் கலையைத் தொழிலாகக் கொண்டவர்க்கூட சரியான முறையில் புகைப்படங்களைப் பார்ப்பதில்லை.

புகைப்படங்களைப் பார்க்க வேண்டிய முறை

புகைப்படக் காமிராவின் அமைப்பும் நமது கண்ணின் அமைப்பும் ஒன்றே. காமிராத் திரையின் மீது வீழ்த்தப்படும் பிம்பம் லென்சுக்கும் படம் பிடிக்கப்படும் பொருளுக்கும் இடையேயுள்ள தொலைவைச் சார்ந்திருக்கிறது. புகைப்படக் காமிரா தரும் காட்சி ஒரு கண்ணினால் (லென்சுக்குப் பதிலாக நமது கண்ணை வைக்கக் கூடுமானால்) கிடைக்கக்கூடிய காட்சியே என்பதை மறக்கலாகாது. எனவே, புகைப்படம் பிடிக்கப்பட்ட பொருளால் உண்டான அதே காட்சி பிம்பத்தை அப்பொருளின் புகைப்படத்திலிருந்து பெற விரும்பினால் அப்புகைப்படத்தை முதலாவதாக ஒரு கண்ணினால் மட்டுமே பார்க்க வேண்டும்; இரண்டாவதாக அதைச் சரியான தூரத்தில் பிடித்துக் கொண்டு பார்க்க வேண்டும்.

புகைப்படத்தை இரண்டு கண்களினாலும் பார்க்கும்போது கிடைக்கும் காட்சி தட்டையானதேயன்றி அது ஒரு கனவுருவக் காட்சியல்ல. இது நமது பார்வையின் குறைபாடே ஆகும். கனப்பொருள் ஒன்றை நாம் பார்க்கும்போது, இரண்டு கண்களின் விழித்திரைகளின் மிது அது உண்டாக்கும் பிம்பங்கள் ஒரே மாதிரியானவை அல்ல (படம் 120). இதனால்தான்



படம் 120. முகத்திற்கருகில் வைத்துக் கொள்ளப்பட்ட ஒரு விரலை இடது கண்ணினாலும் வலது கண்ணினாலும் தனித்தனியாகப் பார்க்கும் போது தெரியும் பிம்பங்கள்.

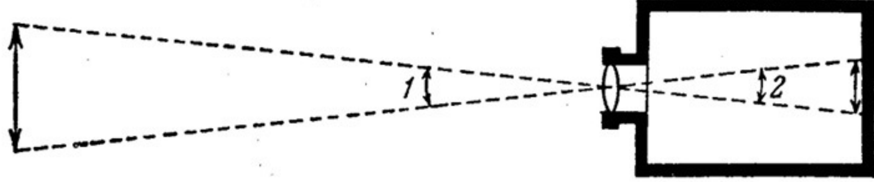
பொருள்களை படைபியல் உடையவையாய் (முப்பரிமாணம் உள்ளவையாய்க்) காண்கிறோம். இந்த இரு வேறு பிம்பங்களை நமது மூளையானது ஒரே காட்சியாய் இணைத்திடுகிறது- ஸ்டீரியோஸ்கோப் எனப்படும் கனவுருவக் காட்சிக் கருவியின் அடிப்பைடக் கோட்பாடு இதுவேதான். மாறாக, தட்டையாயுள்ள ஏதாவது ஒரு பொருளை - எடுத்துகாட்டாகண ஒரு சுவரை - நாம் பார்க்கும் போது இரண்டு கண்களிலும் ஒரே மாதிரியான பிம்பங்கள் ஏற்பட்டு நாம் பார்க்கும் பொருள் உண்மையில் தட்டையானதே என்பது மூளைக்குத் தெரிவிக்கப்படுகிறது.

புகைப்படத்தை இரண்டு கண்களினாலும் பார்க்கும் போது நாம் செய்யும் தவறு இப்போது நன்கு விளங்கும். இவ்வாறாக, நமக்கு முன்னால் இருக்கும் படம் தட்டையானது என்று நம்பும்படி நம்மையே கட்டாயப்படுத்திக் கொள்கிறோம். ஒர கண்ணால் மட்டுமே பார்க்க வேண்டிய புகைப்படத்தை இரண்டு கண்களினாலும் பார்க்கும்போது, புகைப்படம் உண்மையிலேயே காண்பிக்கும் உருவினை நாம் பார்க்க முடியாதபடி தடுத்து, புகைப்படக் காமிரா தேர்ந்த திறனுடன் தோற்றுவிக்கம் காட்சியைக் கெடுத்துக் கொள்கிறோம்.

புகைப்படத்தை எவ்வளவு தூரத்தில் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்?

தான் இரண்டாவதாகக் கூறியதும் - கண்ணிலிருந்து சரியான தூரத்தில் புகைப்படத்தைப் பிடித்துக்கொள்ள வேண்டியதும் - முக்கியமானதாகும்

ஏனெனில் அவ்வாறு செய்யாவிட்டால் தொலைவு, அண்மைத் தோற்றம் தவறானதாகிவிடும். புகைப்படத்தை எவ்வளவு தூரத்தில் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்? சரியான பிம்பத்தை உண்டாக்க வேண்டுமானால், புகைப்படக் காமிராவின் லென்சு ஒளிகசியும் கண்ணாடித் திரையின் மீது எந்தப்



படம் 121. புகைப்படக் காமிராவில் கோணம் 1
கோணம் 2 –க்குச் சமம்.

பார்வையைக் கோணத்திலிருந்து காட்சியைப் பதிவு செய்ததோ அதே பார்வைக் கோணத்தில், அதாவது புகைப்படம் பிடிக்கப்படும் பொருளை எம்முறையில் அது பார்த்ததோ அதே முறையில், நாமும் புகைப்படத்தைப் பார்க்க வேண்டும் (படம் 121). எனவே, புகைப்படத்திலுள்ள பிம்பத்தின் அளவு பொருளின் அசல் அளவைவிட எத்தனை மடங்கு குறைவாயிருக்கிறதோ, அத்தனை மடங்கு பொருளுக்கும் லென்சுக்குமுள்ள தொலைவைவிட புகைப்படத்துக்கும் நம் கண்ணுக்குமுள்ள தொலைவு குறைவாயிருக்கும்படி நாம் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

பெரும்பாலான புகைப்படக் காமிராக்களின் குவியத் தூரம் 12-15 செ.மீ. ஆக இருப்பதால் (ஆசிரியர் தமது பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம் நூலை எழுதியபோது உபயோகத்திலிருந்த புகைப்படக் காமிராக்களையே மனதில் கொண்டிருக்கிறார்-பார்) அவை தரும் புகைப்படங்களுக்குப் பொருத்தமான தொலைவிலிருந்து நாம் அவறைப் பார்க்க முடிவதில்லை. ஏனெனில் சாதாரணக் கண்ணின் குவியத் தூரம் (25 செ.மீ) புகைப்படக் காமிராவின் குவியத் தூரத்தைப் போல் சுமார் இரண்டு மடங்காகும். சுவரில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் புகைப்படமும் தட்டையாகக் காணப்படுவதற்குக் காரணம், அது இன்னும் அதிகத் தொலைவிலிருந்து பார்க்கப்படுவதுதான். சாதாரணப் புகைப்படத்தை ஒரு கண்ணால் ஒழுங்காய்ப் பார்க்கையில் கிடைக்கும் காட்சியை நன்றாய்க் கண்டு ரசிக்கக்கூடியவர்கள் குறைவான குவியத் தூரமுள்ள பார்வை கொண்ட

கிட்டப்பார்வையினரும், மிகவும் அருகில் உள்ள பொருள்களைப் பார்ப்பதற்குத் தக்கவாறு தங்கள் பார்வையைச் சரி செய்துகொள்ளக் கூடிய சிறுவர்களும்தான். ஏனெனில் அவர்கள் புகைப்படத்தை 12-15 செ.மீ. தூரத்தில் பிடித்துக்கொள்ளும் போது அவர்களுக்குத் தென்படுவது தட்டையான பிம்பம் அன்று. ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் உண்டாவதைப் போன்று புடைப்பியல் பெற்ற பிம்பமே ஆகும்.

எனவே, புகைப்படம் தரக்வடிய மகிழ்ச்சியை நாம் அனுபவிக்காததற்கு காணரம் நமது அறியாமையே என்பதையும், அதனிடம் உயிரோட்டம் இல்லையென்று அடிக்கடி நாம் குறை கூறுவது நியாயமில்லை என்பதையும் இப்போது ஒப்புக்கொள்வீர்கள்.

பூதக் கண்ணாடியின் விசித்திர இயல்பு

கிட்டப்பார்வையுள்ளவர்களால் சாதாரணப் புகைப்படங் களையும் புடைப்பில் உள்ளனவாய் எளிதில் காண் முடிகிறது. சாதாரணக் கண் பார்வையுள்ளவர்கள் என்ன செய்வது? இவர்களுக்கு பூதக் கண்ணாடி துணை புரிகிறது. உருப்பெருக்கத் திறன் இரு மடங்குள்ள பூதக் கண்ணாடியின் வழியாப் புகைப்படங்களை பார்ப்பதால் சாதாரணக் கண் பார்வையுள்ளவர்களுக்கும் கிட்டப்பார்வையுள்ளவர்களுக்குக் கிடைக்கும் அதே அனுகூலம் ஏற்படும்; கண்ணை வருந்திக் கொள்ளாமல் புகைப்படங்களைப் புடைப்பியல் வடிவில் பார்க்க முடியும்.

இம்மாதிரி பார்க்கையில் கிடைக்கும் காட்சிக்கும் தொலைவிலிருந்து புகைப்படத்தை இரு கண்களினாலும் பார்க்கும் போது கிடைக்கும் காட்சிக்கும் நிறைய வித்தியாசம் உண்டு. ஏறக்குறைய முப்பரிமாண காட்சிக்கு ஒப்பானதே இது. புகைப்படங்களை பூதக் கண்ணாடியின் வழியே ஒரு கண்ணினால் பார்க்கும் போது அவை ஏன் முப்பரிமாணம் தெரிகின்றன என்பது இப்போது விளங்குகிறது. இது பொதுவாக எல்லோருக்கும் தெரிந்த விவரமேயானாலும் சரியாக விளக்கப்படவில்லை. இந்நூலை விமரிசனம் செய்த ஒருவர் இது குறித்து எனக்குப் பின்வருமாறு எழுதினார்:

“பூதக் கண்ணாடியின் வழியே பார்க்கும்போது புகைப்படங்கள் ஏன் முப்பரிமாணம் தெரிகின்றன என்னும் பிரச்சினையை அடுத்த பதிப்பில் எடுத்துக் கொள்ளவும். ஏனெனில், கனவுருவக் காட்சிக் கருவியின் செயலுக்குச் சுற்றிவளைத்துக் கொடுக்கப்படும் விளக்கம் சரியல் என்று எண்ணுகிறேன். முப்பரிமாணக் காட்சிக் கருவியின் வழியாக ஒரு

கண்ணினால் பார்த்தாலும் தத்துவம் தரும் விளக்கத்துக்கு மாறாகப் படம் கனவுருவில் தெரிகிறது.

கனவுருவக் காட்சிக் கருவியின் கோட்பாட்டில் குறைபாடு எதையும் இது குறிக்கவில்லை என்பதை ஒப்புக்கொள்வீர்கள் என்று எண்ணுகிறேன்.

பானராமாக்கள் எனப்படும் கருவிகள் தரும் விசித்திர காட்சிகளின் அடிப்படையும் இதுவேதான். பானராமா என்பது ஒரு சின்னப்பெட்டி அதில் ஒரு சாதாரணப் புகைப்படம் - நிலக்காட்சி அல்லது பல ஆட்கள் உள்ள தொகுதியை - பூதக் கண்ணாடி வழியாக ஒரு கண்ணால் பார்க்கிறோம். ஒரு கண்ணால் பார்க்கிறோம் என்பதே முப்பரிமாணக் காட்சி கிடைக்கச் செய்கிறது. அதற்குமேல் பூதக் கண்ணாடியின் விளைவு வேறு. படத்தில் முன்னணியில் உள்ளவற்றில் சிலவற்றைத் தனியாக வெட்டி எடுத்து புகைப்படத்திற்குச் சிறிது முன்னால் வைத்தனால் இந்தக் முப்பரிமாணக் காட்சி மேலும் எடுப்பானதாக்கப்படுகிறது. அருகிலுள்ள பொருள்களின் கனவுருவை நமது கண்கண் அதிகமாக உணரவல்லவவை; தொலைவிலுள்ள பொருள்களைப் பொறுத்தவரை அவற்றின் கனவுரு அவ்வளவு தெளிவாய் நம் கண்ணுக்குப் புலப்படுவதில்லை.

பெரிதாக்கப்பட்ட புகைப்படங்கள்

பூதக்கண்ணாடியை உபயோகிக்காமல் சாதாரணக் கண் பார்வையுள்ளவர்களும் சரியாகப் பார்க்கக்கூடிய புகைப்படங்களை நாம் செய்ய முடியுமா? குவியத் தூரம் அதிகமாயிருக்கும் புகைப்படக் காமிராக்களை பயன்படுத்தி அத்தகைய புகைப்படங்களை நம்மால் செய்ய முடியும். குவியத் தூரம் 25-30 செ.மீ. உள்ள லென்சினால் எடுக்கப்பட்ட புகைப்படத்தை வழக்கமான தொலைவிலிருந்து ஒரு கண்ணினால் பார்த்தால் அது புடைப்பியல் கொண்டதாய் காண்பதும் என்பது நீங்கள் ஏற்கனவே அறிந்ததுதான்.

அதிகத் தொலைவிலிருந்து இரு கண்களினாலும் பார்த்தாலுங்கூடத் தட்டையாய்த் தெரியாத புகைப்படங்களையும் தயாரிக்க முடியும். ஒரே மாதிரியான இரண்டு விழித்திரைப் பிம்பங்களையே நமது மூளை ஒரு தட்டைக் காட்சியாக இணைக்கிறது என்பதும் உங்களுக்குத் தெரிந்ததே. ஆயினும் அம்மாதிரிச் செய்ய மூளைக்கு இருக்கும் திறன், தூரம் அதிகமாக ஆகக் குறைகிறது. 70 செ.மீ. குவியத் தூரம் உடைய லென்சைக் கொண்டு எடுக்கப்பட்ட புகைப்படங்களை இரு கண்களினால் பார்த்தாலும் திட வடிவில் அதை நாம் காண்கிறோம்.

அத்தகைய லென்சுகளை உபயோகிப்பது சிரமமாயிருப்பதால், இன்னொரு வழி சொல்லுகிறேன். சாதாரணப் புகைப்படக் காமிராவினால் எடுக்கப்பட்ட படத்தைப் பெரிதாக்குவது தான் அவ்வழி. புகைப்படங்களை நீங்கள் பார்க்க வேண்டிய தொலைவின் அளவை இவ்வழியில் அதிகமாக்கிக் கொள்ளலாம். 15 செ.மீ. லென்சினால் எடுக்கப்பட்ட புகைப்படத்தை நான்கு அல்லது ஐந்து மடங்கு பெரிதாகிவிட்டால் போதும் - 60-70 சென்டி மீட்டர் தொலைவிலிருந்து அதை இரு கண்களினாலும் சரியாய்ப் பார்க்க முடியும். இப்படம் சற்றுத் தெளிவற்றதாயிருக்கும் என்பது உண்மையே; ஆனால், அவ்வளவு தொலைவிலிருந்து பார்க்கையில் அது பெரும்பாலும் புலப்படாது. ஆனால் படம் பெரிதாக்கப்பட்டதால் நமக்கு முப்பரிமாணக் காட்சியும் புடைப்பியலும் கிடைக்கின்றன.

சினிமாக் கொட்டகையில் சிறந்த இடம் எது?

திரைப்படம் பார்ப்போம் சில படங்கள் மிகத் தெளிவான புடைப்பியலுடன் தெரியக் கண்டிருப்பார்கள். காட்சிகளும் நடிகை நடிகர்களும் தத்ரூபமாய்த் தெரியுமளவுக்குக் காட்சி அவ்வளவு எடுப்பாய்த் தோன்றுவது உண்டு. இந்தச் சிறப்புக்குக் காரணம் அந்த படமல்ல. சினிமாக் கொட்டகையில் நீங்கள் உட்கார்ந்துள்ள இடமே உண்மையான காரணம். குறுகிய குவியத் தூரமுள்ள லென்சுகள் இருக்கும் புகைப்படக்காராக்களினாலேயே திரைப்படங்கள் எடுக்கப்பட்டாலும், திரை மீது அவை விழ்த்தப்படும் போது நூறு மடங்கு பெரிதாகக் காணப்படுகின்றன. அதிகத் தொலைவிலிருந்தே இரு கண்களினாலும் அவற்றை பார்க்கலாம். திரைப்பட காமிரா படத்தை எடுத்தபோது எந்தப் பார்வைக் கோணத்தில் "பார்த்ததோ", அதே ககோணத்தில் நீங்கள் படத்தைப் பார்க்கும்போது சிறப்பான கனவுருவக் காட்சி கிடைக்கிறது.

அத்தகைய சரியான பார்வைக் கோணத்திற்குப் பொருத்தமான தொலைவை எப்படிக் கண்டுபிடிப்பது? முதுலாவதாக, திரையின் நடுப்பகுதிக்கு நேர் எதிரில் உள்ள இருக்கையைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இரண்டாவதாக, சினிமாச் சுருளின் அகலத்தை விட்டத் திரைப்படக் காமிரா லென்சின் குவியத் தூரம் எவ்வளவு மடங்கு அதிகமாயிருக்கிறதோ அவ்வளவு மடங்கு திரையின் அகலத்தை விடத் திரையிலிருந்து இருக்கை இருக்கும் தொலைவு அதிகமாயிருக்க வேண்டும். சாதாரணமாகத் திரைப்படக் காமிரா லென்சின் குவியத் தூரம் படம் பிடிகக்ப்படுறவற்றைப் பொறுத்து 35 மி.மீ., 50 மி.மீ., அல்லது

100 மி.மீ. ஆக இருக்கின்றது. படச்சுருளின் அகலம் 24 மி.மீ. எனவே, குவியத் தூரம் எடுத்துக்காட்டாக 75 மி.மீ. என்றால்,

இருக்கையின் தொலைவு/திரையின் அகலம் = குவியத் தூரம்/ படச்சுருளின் அகலம் = 75/24 = 3 என்றாகிறது.

ஆகவே, திரையிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் நீங்கள் உட்கார்ந்து கொள்வது என்பதைக் கணக்கிடுவதற்குத் திரையின் அகலத்தை, அல்லது திரையின் மீது விழும் பிம்பத்தின் அகலத்தை மூன்றினால் பெருக்க வேண்டும். திரையின் அகலம் உங்கள் காலடியினால் ஆறு என்றால், மிகச் சிறந்த இருக்கை, திரையிலிருந்து 18 காலடித் தொலைவில் இருக்கிறது. கனவுருவக் காட்சிக்கான பல்வேறு கருவிகளையும் உபயோகிக்கும் போது இதை நினைவு வைத்துக் கொள்ளவும்; ஏனெனில், உண்மையில் மேலே குறிப்பிடப்பட்ட சிறந்த இடத்தின் காரணமாய்க் கிடைக்கும் அனுகூலத்தைக் கருவியினால் உண்டாகியதாய் நீங்கள் நினைக்கக் கூடாதல்லவா?

பட இதழ்களின் வாசகர்களுக்கு

புத்தகங்களிலும் பத்திரிகைகளிலும் அச்சிடப்படும் படங்களுக்கும் அவற்றைத் தயாரிக்கப் பயன்படும் மூலப்புகைப் படங்களுக்குள்ள அதே இயல்புகள் உண்டு அவற்றையும் சரியான தூரத்திலிருந்து ஒரு கண்ணினால் பார்த்தால், அவை புடைப்பியல் உடையனவாய்க் காணப்படுகின்றன. ஆனால், வெவ்வேறு புகைப்படங்கள், வெவ்வேறு குவியத் தூரங்கள் உள்ள லென்சுகள் கொண்ட காமிராக்களினால் எடுக்கப்பட்டிருக்கலாம். ஆகையால் சரியான தொலைவை நேரடியாகப் பார்த்தே தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். ஒரு கண்ணைக் கையினால் பொத்திக் கொண்டு, படத்தை நீட்டிய கையின் தூரத்தில் பிடித்துக் கொள்ளவும். படத்தை நீட்டிய கையின் தூரத்தில் பிடித்துக் கொள்ளவும். படத்தின் தளம் உங்களுடைய பார்வைத் திசைக்குச் செங்குத்தாகவும், உங்களது திறன் கண் படத்தின் நடுப்பகுதிக்கு நேர் எதிராகவும் இருக்க வேண்டும். படத்தை நிதானமாகப் பார்த்துக் கொண்டே அதை மெல்ல அருகே கொண்டுவரவும்; மிகவும் எடுப்பான புடைப்பியல் தெரியும் கணத்தை எளிதில் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

வழக்கமான முறையில் பார்க்கும் போது தட்டையாகவும் தெளிவில்லாமலும் தோன்றும் பல சித்திரங்கள், நான் குறிப்பிட்ட முறையில் பார்க்கையில் ஆழமும் தெளிவும் பெறுகின்றன; நீரின்

மினுமினுப்பையும் அதைப் போன்ற தூய முப்பரிமாணக் காட்சிகளையும் காணலாம்.

இந்த எளிய விவரங்கள அரை நூற்றாண்டிற்கு முன்னமேயே ஜனரஞ்சக விஞ்ஞான நூல்களில் நன்கு விளக்கப்பட்டிருந்தும், மிகச் சிலருக்கே இவை தெரிந்துள்ளன என்பது வியப்பாகவே இருக்கிறது.

மன உடலியல் கோட்பாடுகளும் மனத்தின் பயிற்சி, கட்டுப்பாடு மற்றும் அதன் நோய் இயல்புகளின் ஆய்வு ஆகியவற்றில் இவற்றின் பயன்பாடும் என்னும் நூலில் வில்லியம் கார்ப்பென்டர் புகைப்படங்களைப் பார்க்க வேண்டிய முறை குறித்து எழுதுவதாது:

“புகைப்படங்களை இம்முறையில் பார்ப்பதால் பொருள்களின் முப்பரிமாணப் புலப்படுவதுடன் பிற இயல்புகளும் பெருமளவுக்குத் தத்ரூபமாய்த் தெரிகின்றன. சிறப்பாக, அசைவற்ற நீரைக்காட்டும் படங்களில் இதைக் கவனிக்கலாம். சாதாரணமாக, புகைப்படத்தில் சிறிதும் திருப்தியில்லாத பகுதிகளில் ஒன்று நீரைக்காட்டும் பகுதியாகும். இரு கண்களினால் பாத்ததாலுங்கூட, நீரின் பரப்பு வெள்ளை மெழுகைப் போல் ஒளியிழந்த தோற்றம் தருகிறது. ஆனால் ஒரு கண்ணினால் மட்டும் பார்க்கும் போது, அது ஓர் ஆழமும் பளிங்கு போன்ற தெளிவும் பெறக் காண்கிறோம். ஒளியைப் பிரபிலிக்கச் செய்யும் வெண்கலம் அல்லது தந்தம் போன்ற பரப்புகள் குறித்தும் இவ்வாறு கூறலாம். புகைப்படம் பிடிக்கப்பட்ட பொருள் எதனாலானது என்பதை இரு கண்களுக்குப் பதிலாய்ப் படத்தை ஒரு கண்ணால் நோக்கும் போதுதான் (முப்பரிமாணக் காட்சி இணைவு இருந்தாலன்றி) ஐயமற்ற தெளிவாய்க் கண்டுகொள்ள முடிகிறது.”

இன்னொரு விவரத்தையும் நாம் குறிப்பிட வேண்டும். நாம் ஏற்கெனவே தெரிந்துகொண்டபடி, பெரிதாக்கப்பட்ட புகைப்படங்கள் அதிக அளவிற்கு உயிரோட்டம் இருக்கின்றன. சிறிதாக்கப்பட்ட புகைப்படங்கள் அவ்வாறு இருப்பதில்லை. சிறிய அளவுப் புகைப்படத்தி ஒளி-நிழல் வேற்றுமை எடுப்பாய் இருப்பது மெய்தான். ஆனால், இப்படங்கள் தட்டையாகக் காட்சியளிக்கின்றன. மேலும் ஆழமும் புடைப்பியலும் காணப்படுவதில்லை. இதற்குக் காரணம் என்ன என்று உங்களால் இப்போது சொல்ல முடியும்; அளவைக் குறைக்கும்போது, ஏற்கெனவே கொஞ்சமாயிருக்கும் ஆழத்தை அது மேலும் குறைத்துவிடுகிறது.

ஓவியங்களைக் கண்டுகளிப்பது எப்படி?

புகைப்படங்களுக்குக் கூறியது முழுவதும் ஓவியங்களுக்கும் ஓரளவு பொருந்தும். அவையும் சரியான தூரங்களில் இருக்கும் போதுதான் சிறப்பாகக் காட்சியளிக்கின்றன; அப்போதுதான் அவை புடைப்பியல் உடையனவா எடுப்பாய்த் தெரிகின்றன. அவற்றை முக்கியமாக அவை சிறிய அளவில் இருந்தால், ஒரு கண்ணினால் மட்டுமே பார்க்க வேண்டும்.

கார்ப்பென்டர் அதே நூலில் எழுதுவதாது: "ஒரு சித்திரத்தில் காணப்படும் தொலைவு அணிமைத் தகவு, ஒளிச்சாயல், நிழல்சாயல், விவரங்களின் பொது அமைப்பு ஆகியவை அனைத்தும், அது குறிக்கும் அசல்காட்சியில் இருப்பதைப் போலவே கறாராய்த் தீட்டப்பட்டிருந்தால், இரு கண்களினாலும் பார்க்கும் போதை விட ஒரே கண்ணினால் பார்க்கும் போதுதான் சித்திரம் தத்ரூபமானதாய்த் தெரிகிறது. தக்க அளவும் வடிவமும் கொண்ட ஒரு குழாய்மூலமாக, சுற்றுப்புறத்தை மறைத்துவிட்டு சித்திரத்தை மட்டும் பார்த்தால் அது மேலும் தெளிவு பெற்று விளங்கும். இவ்விவரம் மிகவும் தவறான ஒரு முறையில் விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. 'ஒரு கண்ணால் நாம் மிகவும் நன்றாய்ப் பார்ப்பதற்குக் காரணம் நமது ஜீவசக்திகள் வலுவுடன் இணைந்து அதிக பலம் பெறுவதான்!' என்று பேக்கன் பிரபு இதற்கு விளக்கம் கூறியிருக்கிறார்! வேறு ஆசிரியர்களும் இவர் கூறியதையே பின்பற்றி, ஒரு கண்ணை மட்டும் உபயோகிக்கும் போது பார்வைத்திறன் ஒருமுனைப்படுத்தப்படுவதாலேயே இவ்விளைவு ஏற்படுகிறது என்று எழுதியிருக்கின்றனர். ஆனால், உண்மை என்னவென்றால், மிதமான தொலைவிலிருந்து இரு கண்களினாலும் ஓர் ஓவியத்தைப் பார்க்கும்போது அதைத் தட்டையானதாகவே கொள்ள வேண்டிய நிர்ப்பந்தம் உண்டாகிறது; ஒரே கண்ணினால் பார்க்கும் போது தொலைவு அணிமைத் தகவுத் தோற்றம், நிழல், ஒளி விளைவு முதலியவற்றால் உண்டாகும் கருத்துக்களினால் ஊக்குவிக்கப்படும் சுதந்திரம் நமது மனத்திற்கு ஏற்படுகிறது. எனவே, சற்று நேரம் உற்றுப்பார்த்தபின் அது புடைப்பியல் கொண்டதாய்க் காணப்படுகிறது; அது மட்டுமல்லாது அசல் காட்சிக்கு இருக்கும் கனவுருவம் அதற்கு ஏற்படலாம்.'

பெரிய ஓவியங்களைச் சிறிய புகைப்படங்களாக்கினால், அப்புகைப்படங்களில் அசல் ஓவியத்தைவிட அதிக அளவிற்குப் புடைப்பியல் தோற்றம் காணப்படுகிறது. இதற்குக் காரணம், சாதாரண

நிலையில் ஓவியம் பார்க்கப்பட வேண்டிய தொலைவு, ஓவிய அளவு சிறிதாக்கப்பட்டதன் விளைவாய் குறைந்துவிடுவதுதான்; எனவே அருகில் இருந்த பார்க்கையில் அது புடைப்பியல் கொண்டதாய்த் தெரிகிறது.

மூன்று பரிமாணங்களை இரண்டு பரிமாணங்களில் பார்த்தல்

புகைப்படங்களையும் ஓவியங்களையும் சித்திரங்களையும் பார்க்க வேண்டிய முறை குறித்து நான் சொன்னவை அனைத்தும் உண்மையேயாயினும், தட்டையான படங்களில் ஆழமும் புடைப்பியலும் உண்டாகும்படி அவற்றைப் பார்ப்பதற்கு வேறு வழியே கிடையாது என்று எண்ணிவிடக்கூடாது. ஓவியர், சிற்பி, அல்லது புகைப்படக் கலைஞர் தமது படைப்பைப் பார்ப்பவர் எங்கிருந்து எப்படிப் பார்க்கினும் அவர் உள்ளத்தை ஈர்க்க வேண்டுமென முயலுகிறார். தமது படைப்பைப் பார்ப்போர் எல்லோரும் ஒரு கண்ணைக் கையினால் மூடிக் கொண்டுமூ பொருத்தமான தொலைவைக் கண்டறிந்து தக்க இடத்திலிருந்தும் பார்ப்பார் என்று அவர் எதிர் பார்க்க முடியாது.

புகைப்படக்காரர் உள்பட ஒவ்வொரு கலைஞரும் முப்பரிமாணமுள்ள பொருள்களை இரு பரிமாணங்களில் காட்டுவதற்கு ஏராளமான உத்திகளைக் கையாளுகிறார். தொலைப் பொருள்களினால் விழித்திரையில் உண்டாக்கப்படும் வெவ்வேறு பிம்பங்களால் மட்டுமின்றி வேறு பல வழிகளிலும் ஆழத்தைப் புலப்படச் செய்ய முடியும். “ஆகாயத்திலிருந்து பார்க்கும்போது கிடைக்கும் தோற்ற” முறையைப் பின்பற்றும் ஓவியர்கள் படிப்படியான சாயல்களையும், மாறுபாட்டைப் புலப்படுத்தும் கோடுகளையும் பயன்படுத்தி, பகைப்புலம் தெளிவற்றதாக்கி, ஒளிர்வுடைய மூடுபனி போன்ற காற்றுப் படலத்தினால் மறைக்கப்பட்டது போல் தோன்றச் செய்கின்றனர்; தவிரவும் கோடுகளைக் கொண்டு தொலைவு அணிமைத் தகவை உணர்த்தி ஆழத்தைத் தெரியப்படுத்துகிறார்கள். புகைப்படக்கலைஞர்களும் இதே கேட்பாடுகளைப் பின்பற்றி, தக்க வெளிச்சம், லென்சுகள், தக்க வகைப்பட்ட புகைப்படத்தாள் ஆகியவற்றைக் கொண்ட முப்பரிமாணத்தை உணர்த்தி காட்டுகிறார்கள்.

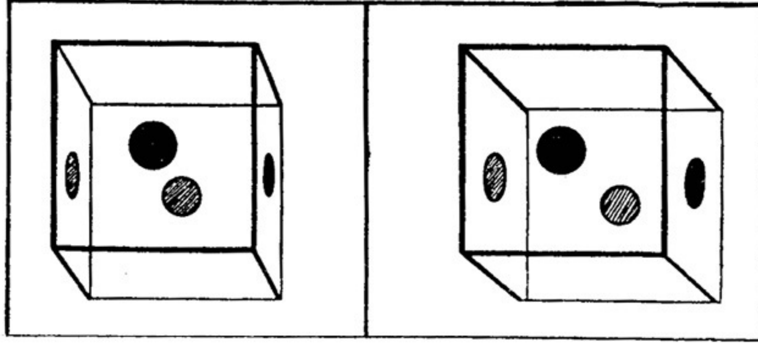
புகைப்படக் கலையில் பிம்பத்தைத் தக்காவாறு குவியப்படுத்துவதும் மிகவும் முக்கியமானது. காட்சியின் முன்பகுதியைத் தனியாகத் தெளிவுடன் தோன்றச் செய்து, சற்று தொலைவிலுள்ள பொருள்களைக் “குவியத்திற்குப் புறம்பா” இருக்கச் செய்துவிட்டாலே பெரும்பாலான

படங்களில் ஆழமும் உணர்த்தப்பட்டுவிடும். மாறாக ஒளியை உள்ளே வரவிட்டும் துவாரத்தைச் சிறிதாக்கி, காட்சியின் முன்பகுதி, பின்பகுதி இரண்டையும் ஒரேவிதமன ஒளி - நிழல் வேற்றுமை உண்டாக்கினால் ஆழ உணர்வில்லாத தட்டையான சித்திரம் உண்டாகிவிடும். பொதுவாக, ஒரு படம் காண்பரிடம் ஏற்படுத்தும் உளப்பதிவு கலைஞனின் திறமையையே பெருமளவிற்குச் சார்ந்திருக்கிறது.

ஸ்டீரியோஸ்கோப் - முப்பரிமாணம்

திடப்பொருள்கள் இருபரிமாணக் காட்சியை உண்டாக்காது, முப்பரிமாணக் காட்சியை உண்டாக்குவது ஏன்? நமது விழித்திரையின் மீது ஏற்படும் பிம்பம் தட்டையானதே. இருந்தும் முப்பரிமாணக் காட்சி கிடைக்கும் காரணம் என்ன? இதற்குப் பல காரணங்கள் உள்ளன. முதலாவதாக பொருள்களின் வெவ்வேறு பகுதிகள் வெவ்வேறு அளவிற்கு வெளிச்சமுடையனவாய் இருப்பதால் அவற்றின் வடிவை நம்மால் உணர முடிகிறது., இரண்டாவதாக, பொருளின் வெவ்வேறு பகுதிகள் நமது கண்களிலிருந்து வெவ்வேறு தொலைவுகளில் இருப்பதால், அத்தொலைவுகளைத் தெளிவாக உணரும் வகையில் நமது கண்களைச் சரிப்படுத்திக் கொள்வதற்காகச் செய்ய வேண்டியிருக்கும் முயற்சிக்கும் இதில் ஒரு முக்கியப்பங்கு உண்டு. இது காட்சிப் பொருளின் ஒவ்வொரு பகுதியும் ஒரே தொலைவில் இருக்கும் தட்டையான காட்சி அன்று. மூன்றாவதாக இதுவே மிகவும் முக்கியமான காரணம் - இரண்டு விழித்திரைப் பிம்பங்களும் வெவ்வேறானவை; அருகாமையிலுள்ள ஒரு பொருளை இடது கண்ணையும் வலதுகண்ணையும் மாறிமாறி மூடிக் கெண்டு பார்த்தால் இது எளிதில் விளங்கும் (படம் 120,122).

ஒரே பொருளை இடது கண்ணால் பார்க்கையில் தெரியும் பிம்பம், வலது கண்ணால் பார்க்கையில் தெரியும் பிம்பம் ஆகிய இருவேறு பிம்பங்களையும் சித்திரங்களாய் வரைந்து கொண்டு, பிறகு அந்தந்தக் கண்ணும் அதற்குரிய சித்திரத்தை மட்டும் பார்க்கும்படிச் செய்தால், புடைப்பியல் கொண்ட ஒரே சித்திரம் தெரிகிறது. ஒரே கண்ணால் முப்பரிமாணப் பொருளைக் காணும் போது தெரிவதைக் காட்டிலும் அதிக புடைப்பியல் தெரியக் காண்கிறோம்.



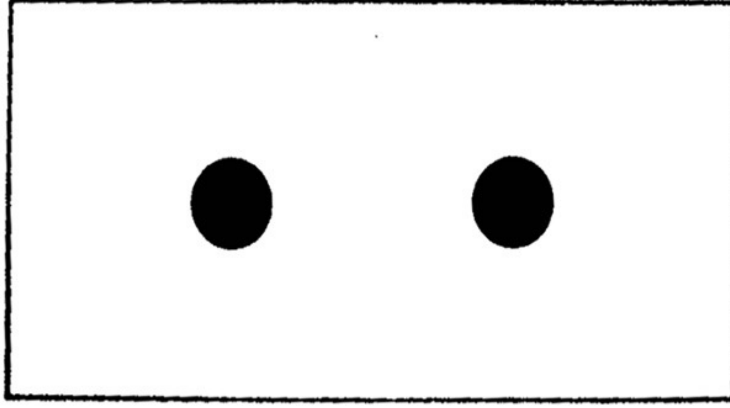
இந்த இரட்டைச் சித்திரங்களைப் பார்ப்பதற்குப் டீரியோஸ் கோப் எனப்படும் தனிக்கருவி ஒன்று இருக்கிறது. பழைய வகை ஸ்டீரியோஸ்கோப்புகளில் ஆடிகளும் புதிய வற்றில் குவிவடிவக் கண்ணாடிப் பட்டகங்களும், இரு பிம்பங்களையும் ஒன்றன் மேல் ஒன்றாகப் படியும்படி செய்கின்றன. பட்டகங்களை குவிவடிவத்தில் ஈரப்பதால் அவை இவ்விரு பிம்பங்களையும் சற்று பெரிதாக்குகின்றன; இவ்விரு பிம்பங்களிலிருந்தும் வரும் ஒளியானது அதன் (கற்பனைத்) தொடர்ச்சிப் பிம்பங்களை ஒன்றன் மீது ஒன்றாகப் பொருந்தும் படி செய்யுமாறு, இப்பட்டகங்களில் ஒளி விலக்கமடைகிறது.

இதிலிருந்து ஸ்டீரியோஸ் கோப்பின் அடிப்படைக் கோட்பாடு மிகவும் எளியது என்பதைக் காணலாம். எனவேதான், அது ஏற்படுத்தும் விளைவு இன்னும் வியக்கத் தக்கதாய் இருக்கிறது. பல்வேறு ஸ்டீரியோஸ்கோப் படங்களைப் பார்த்திருப்பீர்கள். ஆனால் ஸ்டீரியோஸ் கோப்பை எப்படியெல்லாம் பயன்படுத்தலாம் என்பது பலருக்கும் தெரிந்திருக்காது. இதை இப்பொழுது கூறப் போகிறேன்.

இரு கண் பார்வை

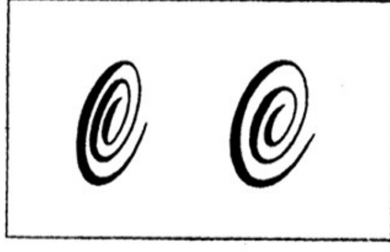
நமது கண்களைப் பழக்கிக் கொண்டு விட்டால், அத்தகைய இரட்டைப் படங்களை ஸ்டீரியோஸ்கோப் இல்லாமலேயே பார்க்க முடியும். ஒரு வித்தியாசம் என்னவெனில், ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் பார்க்கும்போது, பிம்பத்தின் அளவு சற்றுப் பெரிதாயிருக்கும்; நேராகப் பார்த்தால் பிம்பத்தின் அளவு பெரிதாயிருக்காது. அவ்வளவுதான். ஸ்டீரியோஸ்கோப்பைக் கண்டுபிடித்த வீட்ட்டன் என்பவர் இயற்கையில் காணப்படும் இவ்வமைப்பைப் பயன்படுத்தினால். ஸ்டீரியோஸ்கோப் முறையிலான சித்திரங்கள் சில கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. படிப்பாயாய் மேலும் மேலும் கடினமாகிச் செல்லும் வரிசையில் இவை தரப்பட்டுள்ளன.

ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் உதவியின்றி இவற்றைப் பார்க்க முயலவும். பயிற்சி செய்தால்தான் சிறந்த பயன் கிடைக்கும் என்பதை நினைவில் வைத்துக் கொள்ளவும். (ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் கூட, எல்லோராலும் சரிவர பார்க்க முடியாது என்பதைக் கவனிக்கவும்) ஒன்றரைக் கண்ணுள்ள அல்லது ஒரு கண்ணினாலேயே வேலை செய்வதற்குப் பழக்கப்பட்ட சிலரால் இருகண் பார்வைக்கேற்ப தங்கள் பார்வையைச் சரிசெய்து கொள்ளுவது முடியாத காரியம். வேறு சிலரால் நீண்ட பயிற்சிக்குப் பிறகுதான் சரிவர பார்க்க முடியும். ஆனால் சிறு பிள்ளைகள் கால் மணி நேரம் முயற்சி செய்தாலே போதும். சரிவர பார்க்கப் பழகிக் கொண்டுவிடுகிறார்கள்.

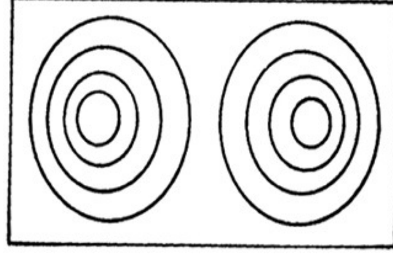


படம் 123. இரு புள்ளிகளுக்குமிடையிலுள்ள பகுதியைப் பல வினாடிகளுக்கு உற்றுப் பார்க்கவும். புள்ளிகள் ஒன்றோடொன்று இணைந்து விடுவதைக் காணலாம்.

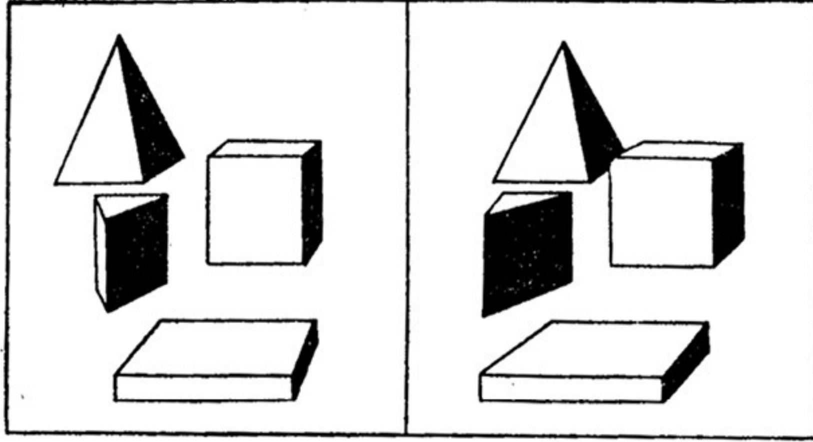
படம் **123** உடன் தொடங்கலாம். அதில் இரண்டு புள்ளிகள் உள்ளன. அவற்றுக்கிடையிலிருக்கும் பகுதியைப் பல வினாடிகளுக்கு உற்றுப்பார்க்கவும். படத்தின் பின்புறம் ஏதோ ஒன்று இருப்பதாகக் கற்பனை செய்துகொள்ளுங்கள். விரைவில், இரண்டு புள்ளிகளுக்குப் பதிலாக நான்கு புள்ளிகள் தெரியும். பிறகு, வெளிப்புறம் இருக்கும் இரண்டு புள்ளிகளும் தொலைவிற்குச் செல்லும்; உட்புறதித்லுள்ள இரு புள்ளிகளும் நெருங்கி வந்து ஒன்றாக இணையும். படங்கள் **124, 125**ஐயும் இதே போலப் பாருங்கள். நீளக் குழாயின் உட்பகுதியை ஒத்த ஒன்று தொலைவில் விலகிச் செய்வது போலத் தோன்றும்.



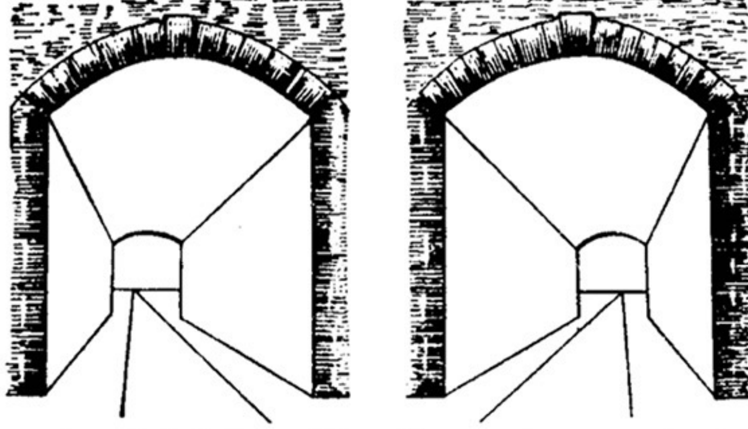
படம் 124. அதே மாதிரி பார்க்கவும்; பிறகு அடுத்த பயிற்சிக்குச் செல்லவும்



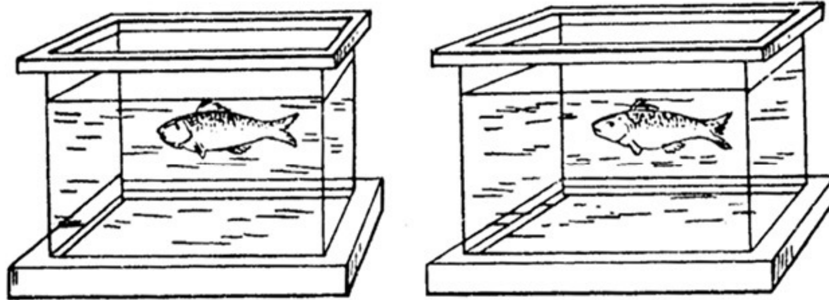
படம் 125. இம்பிம்பங்கள் இணையும்போது, நீளக்குழாயின் உட்பகுதியை ஒத்த ஒன்று தொலைவில் விலகிச் செல்வது போலத் தோன்னும்.



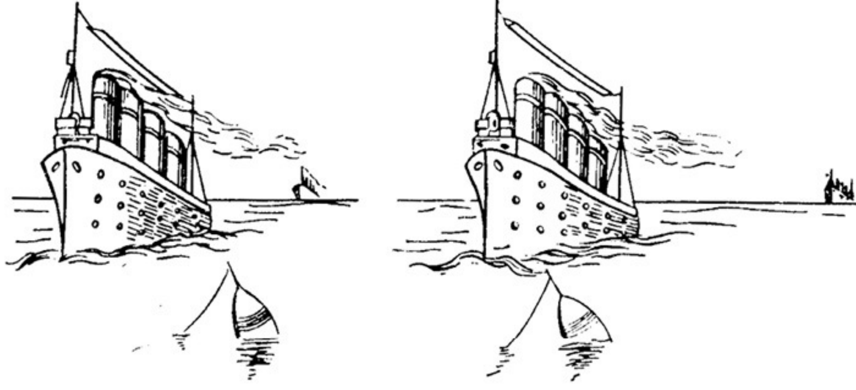
படம் 126. வடிவ கணித அமைப்புள்ள இந்த நான்கு பொருள்களும்
அந்தரத்தில் வட்டமிடுவதுபோல் தெரியும்.



படம் 127. இரண்டும் இணையும் போது நீள் பாதை அல்லது குகை வழி தெரியும்



படம் 128. மீன் தொட்டியிலுள்ள மீன்



படம் 129. முப்பரிமாணக் கடற்காட்சி

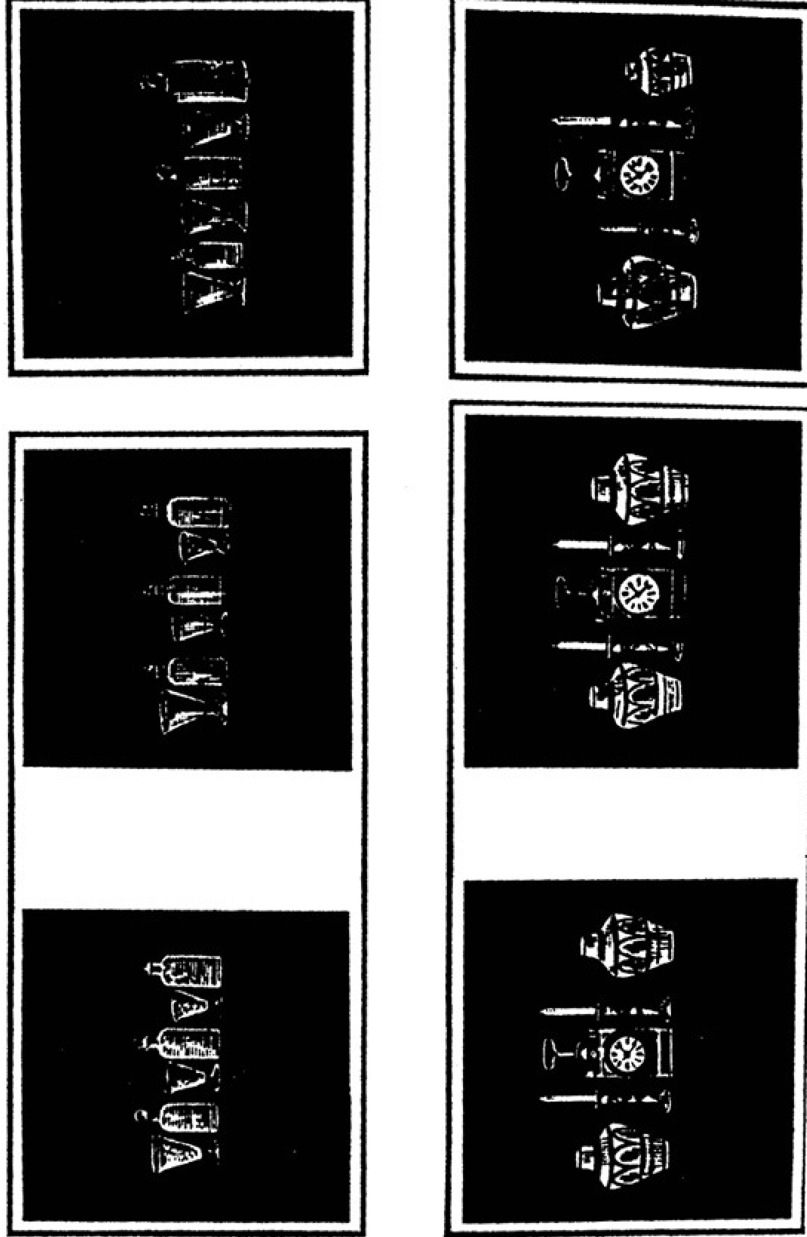
பிறகு, படம் 126ஐப் பார்க்கவும்; வடிவகணித அமைப்புள்ள பொருள்கள் அந்தரத்தில் வட்டமிடுவது போலத் தெரியும். படம் 127 நீள்பாதை அல்லது குகை வழி போலத் தெரியும். படம் 128 மீன் தொட்டியில் நீர் பளிங்கு போல பளபளக்கும். கடைசியாக, படம் 129 இல் கடற்காட்சியைக் காணலாம்.

இப்பயிற்சிகளில் எளிதில் வெற்றி பெறலாம் எனது நண்பர்களில் பலர் விரைவில் கற்றுக் கொண்டுவிட்டனர். கிட்டப்பார்வையோ, தூரப்பார்வையோ உள்ளவர்கள் மூக்குக்கண்ணாடிகளைக் கழற்ற வேண்டியதில்லை. எந்த ஓவியத்தையும் பார்ப்பதைப் போலவே இந்த இரட்டைப் படங்களையும் அவர்கள் பார்க்கலாம். எந்தத் தூரத்தில் அவற்றைப் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும் என்பதைப் பயிற்சியினால் கண்டு கொள்ளவும். வெளிச்சம் நன்றாயிருக்கும்படி பார்த்துக் கொள்ளவும் அது முக்கியம்.

இப்போது, ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் உதவியின்றியே முப்பரிமாண இரட்டைப் படங்களை நீங்கள் பார்ப்பதற்கு முயற்சி செய்யலாம். முதலில் படங்களை 130, 133இல் உள்ள இரட்டைச் சித்திரங்களைப் பார்க்க முயலலாம். ஆனால் நெடுநேரம் பார்த்துக் கண்ணை வருத்திக்கொள்ளாதுர்கள். சரியாக வரவில்லை என்றால் தூரப்பார்வைக்கான லென்சுகளை (குவி லென்சுகளை) கொண்டு ஸ்டீரியோஸ்கோப் ஒன்றைச் செய்து கொள்ளலாம். ஓர் அட்டைத் துண்டில் அவற்றின் உள்விளிம்புகள் மட்டுமே பார்ப்பதற்கு இருக்கம்படி அவற்றைப் பொருத்தவும். இரட்டைப் படங்களுக்கு இடையில் மெல்லிய அட்டையை வைத்து அவற்றைப் பிரித்துவிடவும்.

ஒரு கண்ணாலும் இரு கண்களினாலும்

படம் 130இல் (மேற்பகுதி இடது பக்கத்தில்) மூன்று சீசாக்களின் புகைப்படங்கள் இரண்டு காணப்படுகின்றன; பார்ப்பதற்கு இம்மூன்று சீசாக்களும் ஒரே அளவுள்ளவை போல் தோன்றுகின்றன. எவ்வளவு உன்னிப்பாயக் கவனித்தாலும், அளவில் வேறுபாடு எதையும் உங்களால்



படம் 130.

காணமுடியாது. ஆனால், ஒரு வேறுபாடு - அதிலும், முக்கியமான வேறுபாடு ஒன்று - இருக்கிறது. இவை ஒரே மாதிரி காணப்படுவதற்குக் காரணம், கண்ணிலிருந்தோ புகைக்படக் காமிராவிலிருந்தோ ஒரே தொலைவில் அவை வைக்கப்பட்டிருக்கவில்லை என்பதாகும். பெரிய சீசா சிறிய சீசாக்களைவிட அதிகத் தொலைவில் இருக்கிறது. ஆனால் ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் பார்ப்பது போல இரு சித்திரங்களும் இணையும்படி "இருகண்" பார்வையால் பார்த்தால் அதற்கு எளிதில் விடை கண்டுபிடித்துவிடலாம். அவ்வாறு செய்தால், இடது கோடியிலுள்ள சீசா அதிகத் தொலையிலும் வலதுகோடியிலிருக்கும் சீசா மிக அருகிலும் இருப்பதைத் தெளிவாகக் காணலாம். படத்தின் மேற்பகுதி வலது பக்கத்தில் இருக்கும் புகைப்படத்தில் சீசாக்களின் சரியான அளவுகளைப் பார்க்கலாம்.

படம் 130இன் அடிப்பகுதியில் இடது பக்கம் காணப்படும் கனவுருவக் காட்சி இரட்டைப் படங்கள் இன்னும் பெரிய பிரச்சினையாக இருக்கின்றன. ஜாடிகளும் மெழுகுவர்த்திக் கட்டைகளும் ஒரேமாதிரி தோற்றம் அளித்தாலும் அவற்றின் அளவுகளில் பெரிய வித்தியாசம் இருக்கிறது. இடது பக்கத்திலுள்ள ஜாடி வலது பக்கத்திலுள்ளதைப் போல் கிட்டத்தட்ட இரு மடங்கு உயரமுள்ளது; ஆனால், இடது பக்கத்திலுள்ள மெழுகுவர்த்திக் கட்டையோ வலது பக்கத்திலிருக்கும் மெழுகுவர்த்தியையும் கடிகாரதையும்விட மிகக் குட்டையானது. இரு சித்திரங்களும் இணையும்படி "இரு கண்" கொண்டு பார்க்கையில் இதன் காரணம் உடனே தெளிவாகிவிடுகிறது. அவை ஒரே வரிசையில் இல்லை; சிறியவற்றைவிடப் பெரியவை சற்று தூரத்தில் உள்ளன. எனவே, அவை வெவ்வேறு தொலைவுகளில் இருக்கின்றன. "ஒரு கண்" பார்வையைவிட "இருகண்" பார்வைக்கு இருக்கும் சாதகத்திற்கு எவ்வளவு நல்ல எடுத்துக்காட்டு! கள்ள நோட்டைக் கண்டுபிடித்தல் முற்றிலும் ஒரே மாதிரியான இரண்டு படங்கள் - எடுத்துக்காட்டாக, சமஅளவுள்ள இரண்டு கறுப்புச்சதுரங்கள் - இருப்பதாக வைத்துக் கொள்ளலாம். ஸ்டீரியோஸ்கோப்பினால் பார்க்கையில் இரண்டும் ஒன்று சேர்ந்து ஒரே சதுரமாய்த் தெரிகின்றன. இரட்டைச் சதுரங்களில் எந்த ஒன்றுக்கும் இதற்கும் வித்தியாசம் எதுவும் இல்லை. ஒவ்வொரு சதுரத்தின் நடுவிலும் ஒரு வெள்ளைப்புள்ளி இருந்தால், ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் தென்படும் சதுரத்திலும் அது தெரியும். ஆனால், ஏதாவதொரு சதுரத்திலுள்ள புள்ளியை மையத்தைவிட்டு சிறிது நகர்த்தினால் ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் ஒரு புள்ளியே தெரியும் - ஆயினும்,சதுரத்திற்கு முன்பாகவோ,

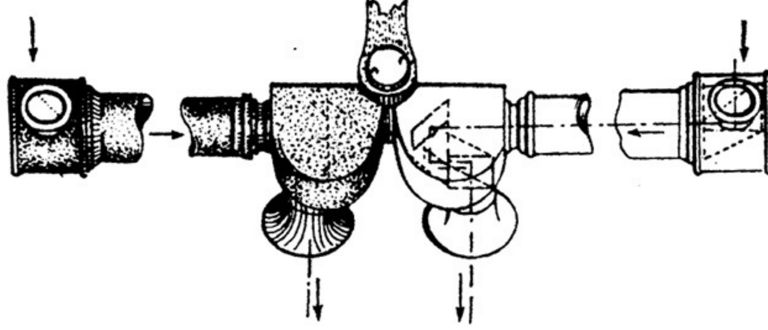
பின்னாலேயோ தான் அது காணப்படும். சதுரம் இருக்கும் அதே தொலைவில் இப்புள்ளி இராது. இதிலிருந்து, கள்ள நோட்டைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு ஓர் எளிய வழி கிடைக்கிறது. கள்ளநோட்டையும் அசல் நோட்டையும் ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்க்க வேண்டும். மிகச் சிறிய வேறுபாடு இருந்தாலுங்கூட - மிகவும் சிறியதான கோட்டில் இருந்தாலுங்கூட - அது உடனே அசல்நோட்டுக்கு முன்பாகவோ, பின்னாலேயோ கண்ணுக்குத் தெரிந்துவிடும். (19ஆவது நூற்றாண்டின் நடுவில் டோவே என்பவரால் முதல் முதலில் இந்த வழி எடுத்துரைக்கப்பட்டது; ஆனால் இன்று வெளியிடப்படும் எல்லா நோட்டுகளுக்கும் இம்முறை அச்சிடும் செயல் முறைகள் சம்பந்தமான காரணங்களினால் - பொருந்தாது. எனினும் புத்தகப் பக்கத்தின் திருத்தத்துக்கான இரு அச்சுப்படிகளில் புதிதாகத் தொகுக்கப்பட்ட அச்சுக்களிலிருந்து அச்சடிக்கப்பட்டிருந்தால், அவை இரண்டிற்குமுள்ள வித்தியாசத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு இவ்வழியைக் கையாளலாம்.)

பூதங்கள் பார்ப்பதைப் போல்

ஒரு நெடுந் தொலைவில் (450 மீட்டருக்கு அப்பால்) இருந்தால் முப்பரிமாணக் காட்சி நமக்குக் கிடைப்பதில்லை. 450 மீட்டர்த் தொலைவுடன் ஒப்பிடும்போது நமது கண்களுக்கிடையிலுள்ள 6 செ.மீ. தொலைவு அற்ப தொலைவே ஆகும். எனவே தூரத்திலுள்ள கட்டடங்கள், மலைகள் நிலக்காட்சிகள் அனைத்தும் தட்டையாய்க் காட்சியளிப்பதில் வியப்பேதும் இல்லை. அங்ஙனமே, கிரகங்களைவிடச் சந்திரன் அருகில் இருந்தாலும் கிரகங்கள் நட்சத்திரங்களைவிட அருகாமையில் இருந்தாலும் இவ்விண்கோள்கள் யாவும் ஒரே தொலைவில் இருப்பது போலவே தோன்றுகிறது. ஆகவே ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் உதவியால் எடுக்கப்பட்ட புகைப்படங்களிலுங் கூட முப்பரிமாணக் காட்சி கிடைப்பதில்லை.

ஆயினும், இதற்கு ஓர் எளிதான வழி இருக்கிறது. நமது கண்களுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தைவிட அதிகத் தொலைவிலுள்ள இரு இடங்களிலிருந்து புகைப்படம் எடுத்துவிட்டால் போதுமானது. நமது கண்கள் உண்மையிலேயே இருக்கும் இடைவெளியைவிட அதிகத் தொலைவில் இருந்தால், எப்படிப்பட்ட காட்சி கிடைக்குமோ அதே கனவுருவக் காட்சி அப்போது கிடைக்கிறது. . நிலக்காட்சிகளின் முப்பரிமாணக் காட்சிப்படங்கள் இவ்வாறுதான் தயாரிக்கப்படுகின்றன. உருப்பெருக்கம் குவிவடிவப் பட்டகங்களின் வழியாகவே அவை

பார்க்கப்படுகின்றன. அதனால் ஏற்படும் விளைவு பிரமிப்பூட்டுவதாய் இருக்கிறது.

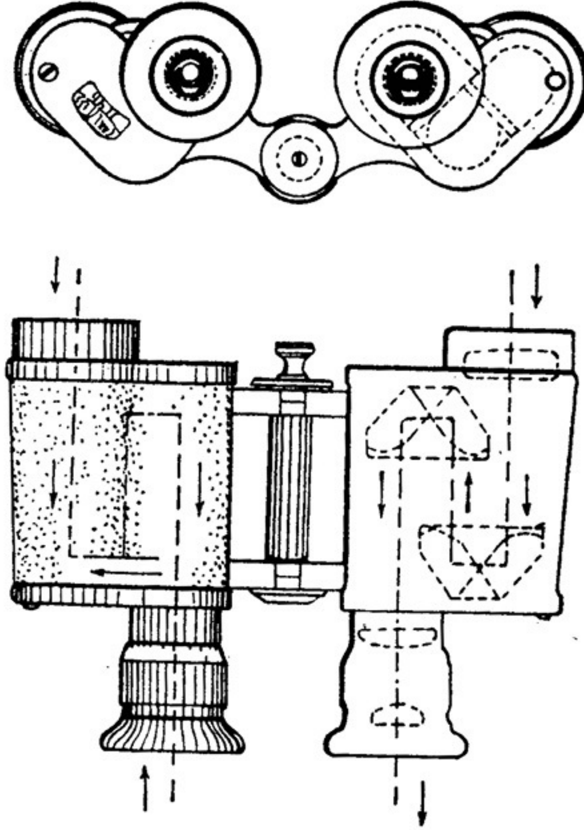


படம் 131. தொலை முப்பரிமாணக் காட்சிக் கருவி

சுற்றுப்புறக் காட்சிகளைக் கனவுருவில் காட்டும் வகையில் இரண்டு தொலைநோக்கிகளை நாம் இணைந்து அமைக்கலாம். தொலைக் முப்பரிமாணக் காட்சிக் கருவி (டெலி ஸ்டீரியோஸ்கோப்) என்பது நமது கண்களுக்கு இடையிலுள்ள தூரத்தை விட அதிக இடைவெளியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரண்டு தொலைநோக்கிகளினால் ஆனது. பிரதிபலிக்க செய்யும் பட்டங்களினால் இரு பிம்பங்களும் ஒன்றின்மீது ஒன்று படியும் படி செய்யப்படுகின்றன (படம் 131)

டெலி ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் வழியாகப் பார்க்கும்போது ஏற்படும் உணர்ச்சியைச் சொற்களினால் விவரிக்க முடியாது; அது அவ்வளவு அற்புதமாய் இருக்கிறது. இயற்கைக் காட்சி அப்படி கண்ணைப் பறிப்பதாகிவிடுகிறது. தொலைவிலுள்ள மலைகள் கனவுரு பெறுகின்றன; மரங்கள், பாதைகள், கட்டடங்கள், கடலில் இருக்கும் கப்பல்கள் எல்லாமே முப்பரிமாணத்தில் காட்சியளிக்கின்றன. எதுவுமே தட்டையாகவும் நிலையாகவும் இருப்பதில்லை; சாதாரணக் கைத்தொலைநோக்கியில் பார்க்கும் தொடுவானத்தில் நிலையான புள்ளி போல் தோன்றும் கப்பல் நகர்ந்து கொண்டிருப்பதை இதில் பார்க்கலாம். கதைகளில் வரும் பூதங்கள் இயற்கைக் காட்சிகளைப் பெரும்பாலும் இப்படித்தான் பாத்திருக்க வேண்டும். இக்கருவியின் உருப்பெருக்கத் திறன் பத்து மடங்காகவும், இதன் லென்களுக்கடையிலுள்ள தொலைவு நமது கண்களுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தைவிட ஆறு மடங்கு அதிகமாகவும் இருந்தால் (அதாவது 6.5 x 6 = 36 செ.மீ. ஆக இருந்தால்) இக்கருவியினால் ஏற்படும் புடைப்பியல் வெறும் கண்ணினால் பார்க்கும்போது கிடைப்பதைக் காட்டிலும் 60 மடங்கு (6 x 10) அதிக

மாயிருக்கும். 25 கிலோமீட்டர் தொலைவிலுள்ள பொருள்ககூட, உணரக் கூடிய அளவிற்குக் கனவுருவம் பெறுகின்றன. நில அளைவையாளர்கள், கப்பலோட்டிகள், பீரங்கிப் படையினர், பிரயாணிகள் ஆகியோருக்கு இக்கருவி - சிறப்பாக, தூர அளவுமானியுடன் சேர்ந்திருந்தால் - ஒரு வரப்பிரசாதம் போன்றதாகும். பட்டக இரு கண்பார்வைக் கைத்தொலை நோக்கியில் லென்சுகளுக்கடையிலுள்ள தூரம் நமது கண்களுக்கிடையிலுள்ள தூரத்தைவிட அதிகமாயிருப்பதால் அதிலும் இதே விளைவு உண்டாகிறது (படம் 132). மாறாக நாடகக் கைத்தொலைநோக்கியின் லென்சுகளுக்கிடையில் அவ்வளவு இடைவெளி இல்லை. ஆகவே, புடைப்பியல் குறைந்துவிடுகிறது; காட்சி ஜோடனை, அமைப்பு ஆகியவை திட்டமிடப்பட்ட மனப்பதிவை உண்டாக்க முடிகிறது.



படம் 132. பட்டக இருகண் பார்வைத் தொலைநோக்கி.

ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் பேரண்டத்தின் தோற்றம்

நமது டெலி ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் மூலம் சந்திரனையோ, வேறு விண்கோளையோ நோக்கினால் புடைப்பியல் கிடைப்பதில்லை. இது

இயற்கையே; ஏனெனில், நமது கருவியினால் சாளிக்க முடியாதபடி விண்கோளத் தொலைவுகள் அவ்வளவு பெரியவை. பூமியிலிருந்து கோள்கள் இருக்கும் தொலைவுகளுடன் ஒப்பிடும் போது லென்சுகளுக்கிடையேயுள்ள 30-50 செ.மீ. தொலைவு அற்பமானதேயாகும். இக்கருவியிலிருக்கும் இரண்டு தொலைநோக்கிகளையும் நூற்றுக்கணக்கான கிலோமீட்டர் இடைத்தூரத்தில் வைத்தாலுங்கூட கோள்கள் எல்லாம் கோடிக்கணக்கான கிலோமீட்டர்த் தொலைவுகளில் இருப்பதால், ஒரு பயனும் ஏற்படாது.

கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படக்கலை இங்கு நமக்கு உதவிக்கு வருகிறது. ஒரு கோளை இன்று ஒருபுகைப்படமும் நாளை மற்றொரு புகைப்படமும் எடுக்கிறோம் என்று வைத்துக்கொள்ளலாம், பூமியைப் பொறுத்தவரை, அவை ஒரே இடத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்வையே. ஆனால் சூரிய மண்டலத்தின் நோக்கில் அவை வெவ்வேறு இடங்களிலிருந்த எடுக்கப்பட்டவையாகும். ஏனெனில் 24 மணிநேரத்தில் பூமி தனது சுழல்பாதையில் பல லட்சம் கிலோமீட்டர் தொலைவைக் கடந்திருக்கும். எனவே, இரண்டு புகைப்படங்களும் ஒரே மாதிரியாய் இரா. இப்படங்கள் ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் வைத்துப் பார்க்கும்போது கனவுருவக் காட்சி கிடைக்கும். விண்கோள்களின் கனவுருவக் காட்சி புகைப்படங்களை எடுப்பதற்கு உதவி செய்வது பூமியின் சுழல்பாதை இயக்கம் தான். கண்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம் பல லட்சம் கிலோமீட்டர் அளவு இருக்கும்படியான மாபெரும் தலையுடைய ஒரு பூதத்தைக் கற்பனை செய்து கொண்டால், இத்தகைய கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படக் கலையினால் வானிவியல் அறிஞர்கள் உண்டாக்கும் விசித்திரமான விளைவைப் பற்றி உங்களுக்கு ஒருவாறு விளங்கும். சந்திரனின் கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படங்களில் மலைகளின் புடைப்பியல் தெளிவாய்த் தெரிகிறது; விஞ்ஞானிகள் அவற்றின் உயரத்தை அளக்க முடியும் படித் தெளிவாய்த் தெரிகிறது. சந்திரனின் தட்டையான உயிரற்ற காட்சிகளுக்கு பூதாகரமான ஒரு சிற்பி தனது மாய உளி கொண்டு உயிரூட்டி இருப்பது போல் தோன்றுகிறது!

செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்குமிடையே மொய்த்துக் கொண்டிருக்கும் நுண்கிரகங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு கண்டுபிடிப்பதற்கு ஸ்டீரியோஸ்கோப் இன்று பயன்படுத்தப்படுகிறது. சிறிது காலத்திற்கு முன்புவரைகூட இந்த நுண்கிரகங்களில் ஒன்றைக் கண்டுபிடிக்க முடிந்தால், வானவியல் அறிஞர்கள் அதை ஒரு பெரிய அதிர்ஷ்டம் என கருதி வந்தனர். ஆனால் இன்றோ விண்வெளியின் இந்தப் பகுதியின் கனவுருவக் காட்சிப்

புகைப்படங்களைப் பார்த்தே அவ்வாறு செய்ய முடியும். ஸ்டீரியோஸ்கோப் உடனே நுண்கிரகத்தைக் காண்பித்து விடுகிறது: அது தனியாக “வெளிவந்து” காணப்படுகிறது.

ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் விணிகோள்களின் இடத்திலுள்ள வித்தியாசத்தை மட்டுமல்லாது அவற்றின் பிரகாசத்திலுள்ள வேறுபாட்டையும் கண்டுபிடிக்க முடியும். குறிப்பிட்ட இடைநேரங்களில் மாறும் ஒளியையுடைய மாறும் நட்சத்திரங்களைக் கண்டுபிடிப்பதிலும் வானவியல் அறிஞருக்கு ஒரு வசதியான வழி இதனால் கிடைத்திருக்கிறது. ஒரு நட்சத்திரம் மாறுபாடுள்ள பிரகாசத்தைக் காண்பித்தால் உடனேயே அம்மாறும் ஒளியுள்ள நட்சத்திரத்தை ஸ்டீரியோஸ்கோப் கண்டுபிடித்துவிடுகிறது.

நெபுலக்காள் எனப்படும் விண்முகிற்படலங்களின் (எடுத்துக்காட்டாக, ‘ஆண்ட்ரோமிடா’, ‘ஓரியன்’ ஆகியவற்றின் கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படங்களையும் வானவியல் அறிஞர்கள் எடுத்திருக்கின்றனர். அத்தகைய புகைப்படங்கள் எடுப்பதற்குச் சூரிய மண்டலம் மிகவும் சிறியதாயிருப்பதால் நட்சத்திரங்களுக்கிடையில் நமது மண்டலத்திற்கு ஏற்படும் இடப்பெயர்ச்சியை அவர்கள் பயன்படுத்துகின்றனர். பேரண்டத்தில் ஏற்படும் இவ்வியக்கம் காணரமாக நட்சத்திர மண்டலத்தைப் புதுப்புது நிலைகளிலிருந்து நாம் பார்த்துக் கொண்டிருக்கிறோம். போதிய அளவிற்கு இடைநேரம் இருந்தால், இவ்வித்தியாசத்தைப் புகைப்படக் காமிராவினால் கூடப் பார்க்க முடியும். அப்போது கனவுருவக் காட்சிக்குரிய இரட்டைப் படங்களைத் தயாரித்து அவற்றை ஸ்டீரியோஸ்கோப்பின் மூலமாகப் பார்க்க முடியும்.

முக்கண் பார்வை

ஏதோ வாய் தவறி நான் இப்படிச் சொல்லிவிட்டதாக நினைக்காதீர்கள்; உண்மையிலேயே மூன்று கண்களானலான பார்வையைத்தான் குறிப்பிடுகிறேன். ஆனால் மூன்று கண்களினால் எப்படி ஒருவர் பார்க்க முடியும்? மெய்யாகவே நாம் மூன்றாவது கண்ணைப் பெற முடியுமா?

விஞ்ஞானத்தினால் உங்களுக்கோ எனக்கோ மூன்றாவது கண்ணைக் கொடுக்க முடியாது ஆனால் மூன்று கண்ணுள்ள பிராணிக்கு ஒரு பொருள் எப்படித் தோன்றுமோ அப்படிப்பட்ட காட்சியைப் பார்க்கும் மாயச் சக்தியை அதனால் நமக்குத் தர முடியும். ஒரு கண்ணுள்ள மனிதன் சாதாரண வாழ்வில் பார்க்க முடியாத, புடைப்பியல் காட்சியைக் கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படங்களைக் கொண்டு அவன் பெற முடியும்.

இதற்கு சாதாரண மனிதன் ஒரே சமயத்தில் இரு கண்களினாலும் பார்க்கும்போது வலது கண்ணிற்கும் இடது கண்ணிற்கும் தேவையான புகைப்படங்களை விரைவாகத் தொடர்ந்து திரையின்மீது வீழ்த்த வேண்டும். இறுதிவிளைவு ஒன்றாகவே இருக்கும்; ஏனெனில், ஒரேசமயத்தில் பார்க்கப்படும் இரு பிம்பங்கள் எவ்வாறு இணைந்து ஒன்றாகக் காட்சியளிக்கிறதோ, அவ்வாறே பார்வைப் பிம்பங்கள் விரைவில் தொடச்சியாக கவனிக்கப்படும்போதும், இவை இணைந்து ஒன்றாகவே தோன்றும். (திரைப்படங்களில் அவ்வப்போது திடீரென்று ஏற்படும் "ஆழத்திற்கு" வேறு காரணங்களுடன் கூட, இதுவும் ஒரு காரணமாயிருக்கலாம். திரைப்படக் காமிரா சீராக அசையும்போது - படச்சுருளைச் சுற்றும் கருவியினால் இவ்வாறு அடிக்கடி நிகழ்கிறதுபுகைப்படங்கள் ஒரே மாதிரியாய் இருப்பதில்லை; திரையின் மீது வேகமாய் ஓடும் போது அவை ஒரே முப்பரிமாணக் காட்சியை நமக்குத் தருகின்றன.)

அவ்வாறானால், இரு கண்ணுள்ள ஆள் ஒருவன், இரு புகைப்படங்கள் விரைவாக மாறிமாறித் தோன்றும்போது அவற்றை ஒரு கண்ணினாலும் மற்றொரு கோணத்திலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மூன்றாவது புகைப்படத்தை இன்னொரு கண்ணாலும் அதாவது முப்பரிமாணக் காட்சிக்கான "முப்படங்களை". பார்க்க முடியாதா என்ன? முடியும். விரைவாக மாறி மாறித் தோன்றும் இரண்டைக் முப்பரிமாணக் காட்சிப்படத்திலிருந்து கிடைக்கும் புடைப்பியல் கொண்ட காட்சியை ஒருகண் பார்க்கும். மற்றொரு கண் மூன்றாவது புகைப்படத்தைப் பார்க்கும். இந்த "முக்கண்" பார்வையினால் புடைப்பியல் மேலும் எடுப்பாயத் தென்படும்.

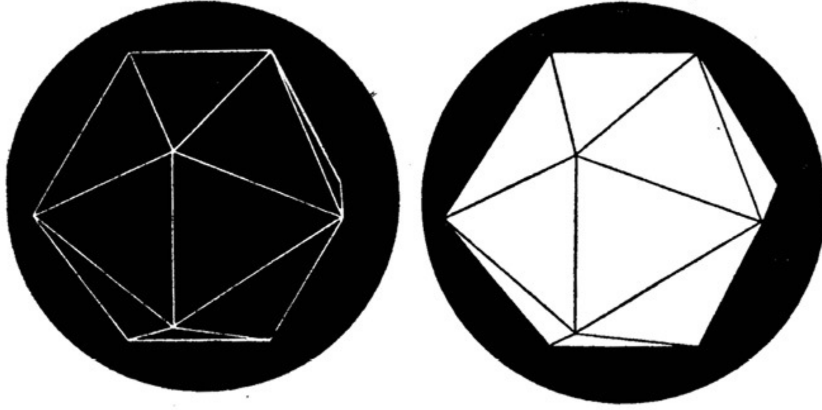
முப்பரிமாண மினுமினுப்பு

படம் 133இல் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கும் இரட்டைப் படங்களில் பலமுகப் பட்டைக்கட்டிகள் இரண்டைக் காணலாம். வெளுப்பாக இருப்பது கருப்புப் பின்னணியிலும், கறுப்பாக இருப்பது வெளுப்புப் பின்னணியிலும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் பார்த்தால் அவை எப்படிக் காட்சியளிக்கும்? இது பற்றி, கடந்த நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த ஜெர்மானியப் இயற்பியலளர் ஹெல்ம்ஹோல்ட் பின்வருமாறு கூறுகிறார்:

'கனவுருவக் காட்சிக்கான இரட்டைப் படங்களில் ஒன்றில் ஒரு தளம் வெளுப்பாகவும் மற்றொன்றில் அது கறுப்பாகவும் இருந்தால், படங்கள் வரையப்பட்டிருக்கும் காகிதம் மங்கயிலாயிருந்தாலுங்கூட, இரண்டு இணைந்த பிம்பம் மினுமினுப்புடன் இருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. படிக

மாதிரிகளின் அத்தகைய கனவுருவக் காட்சிப்படங்கள் பளபளக்கும் கிராபைட்டின் தோற்றத்தை உண்டாக்குகின்றன. நீரின் மினுமினுப்பும் இலைகளின் பளபளப்பும் கனவுருவக் காட்சிப் புகைப்படங்களில் அதிக அளவிற்குத் தெரிகின்றன.

ருஷ்ய உடலியல் அறிஞரான சேச்செனவ் 1867இல் வெளியிட்ட புலன்களின் உடலியல். பார்வை என்னும் ஒரு புத்தகத்தில் இத்தோற்றத்திற்கு விளக்கம் அளிக்கப்படுகிறது.



படம் 133. கனவுருவ மினுமினுப்பு. ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் இவ்விரட்டைப் படங்கள், கறுப்புப் பின்னணியில் படிகம் மின்னுவது போன்ற தோற்றத்தை உண்டாக்குகின்றன.

“வெவ்வேறு முறையில் பிரகாசம் அளிக்கப்பட்ட அல்லது வர்ணம் தீட்டப்பட்ட பரப்புகளைச் செயற்கையாகக் கனவுருவக் காட்சி முறையில் ஒன்றாக இணையச் செய்யும் பரிசோதனைகளிலும் மினுமினுப்புடன் தோன்றும் பொருள்களை நாம் சாதாரணமாகப் பார்க்கும் நிலைகளே உள்ளன. உண்மையில், பளபளப்பாக்கப்பட்டு மினுமினுப்புடன் தோறும் பரப்பின்று மங்கலான பரப்பு எப்படி வேறுபடுகிறது? மங்கலான பரப்பு எல்லாப் பக்கங்களுக்கும் ஒளியைப் பிரதிபலித்துச் சிதறடிப்பதால், எந்தத் திசையிலிருந்து அதைப் பார்த்தாலும் அது ஒரே மாதிரிப் பிரகாசமுள்ளதாகத் தோன்றகிறது. ஆனால் பளபளப்பாக்கப்பட்ட பரப்போ ஒளியைக் குறிப்பிட்ட ஒருதிசையிலேயே பிரதிபலிக்கச் செய்கிறது. எனவே, ஒரு கண்ணின் மீது பல பிரதிபலிக்கப்பட்ட கதிர்கள் மட்டும் விழுவதுமான நிலைகள் ஏற்பட முடியும் - வெள்ளைப் பரப்பும் கறுப்புப் பரப்பும் கனவுருவக்காட்சி முறையில் இணைவதற்கான திட்டமான நிலைகள் இவைதாம். பளபளப்பாக்கப்பட்ட மினுமினுக்கும் பரப்புகளைப்

பார்க்கும்போது, பார்ப்பவனின் கண்களுக்குப் பரிதிபலிக்கப்பட்ட ஒளி வெவ்வேறு அளவுகளில் வரக்கூடும் என்பது தெளிவு.

"ஆகவே, பிம்பங்களை இணைத்துப் பார்ப்பதிலும் அனுபவம் முக்கியமானது என்பதைக் கனவுருவக் காட்சி மினுமினுப்பு நிருபிக்கிறது. அனுபவ வாயில்பாய்ப் பயிற்சியடைந்த கண்ணானது காட்சிப்புலங்களில் காணப்படும் மாறுபாட்டை பழக்கமான உண்மைத் தோற்றம் ஒன்றுடன் இணைக்க முடிந்ததும் இந்த வேறுபாடு உறுதியான கருத்தாகிவிடுகிறது"

பொருள்கள் மினுமினுப்புடன் ஒன்று இரண்டு விழித்திரைப் பிம்பங்களும் ஒரே மாதிரியாய் இல்லாமற் போவது தான். ஸ்டீரியோஸ்கோப் இல்லாவிட்டால் இதை நாம் ஊகித்திருக்கவே முடியாது.

ரயில்வண்டிச் சன்னலிருந்து பார்த்தல்

ஒரே பொருளின் வெவ்வேறு பிம்பங்களை மாற்றி மாற்றி விரைவாகச் செலுத்தும் போது அவை இணைந்து புடைப்பயில் காட்சியை உண்டாக்குகின்றன என்பதைச் சற்று முன் குறிப்பிட்டோம். நாம் அசையாமல் இருந்து பிம்பங்கள் மட்டும் வேகமாக நகரும்போதுதான் இது நடக்குமா? அல்லது, பிம்பங்கள் அசையாதிருந்து நாம் மட்டும் நகர்ந்தாலும் நடக்குமா? நாம் நகர்ந்தாலும் இதுவும் நடக்கும். ஓடும் ரயில்வண்டியிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட திரைப்படங்கள் ஸ்டீரியோஸ்கோப்பில் தோன்றுவதைப் போன்றே - மிகவும் தெளிவான புடைப்பியலுடன் காட்சியளிப்பதை நீங்கள் பார்த்திருக்கலாம். வேகமாகச் செல்லும் ரயிலிலோ காரிலோ பிரயாணம் செய்யும் போது நமது பார்வைக்குத் தென்படும் காட்சிகளைக் கவனமாகப் பார்த்தால், இதை நாமே காணலாம். இம்மாதிரி பார்க்கும்போது பின்னணியிலிருந்து முன்னணி தனியே பிரிந்து நிலக்காட்சிகள் தெளிவான புடைப்பியல் பெறக் காண்கிறோம். நமது கண்களில் "கனவுருவக் காட்சி ஆரத் தொலைவு", நிலையாக இருக்கும் கண்களுக்குரிய இருகண் பார்வையின் 450மீட்டர் வரம்பிற்குமேல் பெரிதும் அதிகமாகிவிடுகிறது.

வேகமாக செல்லும் ரயில்வண்டியின் சன்னலிருந்து நிலக்காட்சி பார்க்கும்போது நமக்குக் கிடைக்கும் இன்ப உணர்ச்சியை இது விளக்குகிறது, இல்லையா? தொலைவிலுள்ளவை யாவும் தூரமாகக் செல்கின்றன; நம் முன்னால் தோன்றும் காட்சி பிரம்மாண்டமாய் விரிவதைப் பார்க்கிறோம். காட்டின் வழியே செல்லும் போது ஒவ்வொரு மரத்தையும் கிளையையும் இலையையும் கனவுருவில் தெளிவாகக்

காண்கிறோம்; நிலையாக இருப்பவருக்குத் தோன்றுவதுபோல் அவை ஒரே தட்டையான காட்சியாய் இணைந்துவிடுவதில்லை. மலைப்பாதையில் வேகமாகச் செல்லும் போது இதே விளைவு ஏற்படுகிறது. மலைகள், பள்ளத்தாக்குகள் ஆகியவற்றின் பரிமாணங்களை நேரிடையாக உணர்வது போல்தோன்றுகிறது. ஒருகண் பார்வையுள்ளவர்களும் இதையே காண்பார்கள். அவர்களது இது ஒரு விசித்திரமான உணர்ச்சியை, முன்பெல்லாம் தெரியாத உணர்ச்யை, உண்டாகும், படங்களை வேகமாகத் தெரியாத உணர்ச்சியை, உண்டாக்கும். படங்களை வேகமாகத் தொடர்ந்து செலுத்தும் போது புடைப்பியல் தெரிவதை ஒத்ததே இது; இதை முன்னமேயே குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். (நிற்க ரயில் வண்டி ஒரு வளைவில் செல்லும் போது, அவ்வளைவின் ஆரத்திற்குள் இருக்கும் பொருள்களைத் திரைப்படம் பிடித்தால் அப்படங்களிலிருந்து கிடைக்கும் புடைப்பியல் காட்சிக்கு இதுவேதான் காரணம்.)

நான் சொல்லியவற்றைச் சரிப்பார்ப்பது மிகவும் எளிது; ரயிலிலோ காரிலோ பிரயாணம் செய்யும் போது நமது பார்வைக்குப் புலப்படும் காட்சிகளை நன்கு கவனித்தால் போதும். மற்றொரு திகைப்பூட்டும் விவரத்தையும் நீங்கள் கவனிக்கலாம் - அதாவது, வேகமாகச் செல்லும்போது, அருகிலுள்ள பொருள்கள் அளவில் சிறியனவாயிருப்பதைப் போல் தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம் - சுமார் நூறாண்டுகளுக்குமுன் டோவே இதைப்பற்றி எழுதினார். இதற்குக் காரணம் 'இருகண்' பார்வையன்று; தொலைவுகளைப் பற்றிய நமது மதிப்பு தவறாயிருப்பதுதான் காரணம். அருகில் இருக்கும் பொருள் எப்போதும் போல் அதே அளவுடன் தோன்றினாலும் சிறியதாகவே இருக்க வேண்டும் என்று நமது அடிமனம் கருதுகிறது. ஹெல்ம்ஹோல்ட் இவ்வாறு விளக்கம் கூறுகிறார்.

வர்ணக் கண்ணாடிகளினூடே

சிவப்புக் கண்ணாடிகளின் வழியாக வெள்ளைக் காகிதத்தின் மேல் எழுதப்பட்ட சிவப்பு எழுத்துக்களைப் பார்த்தால், சிவப்புப் பின்னணியைத் தவிர வேறு எதுவும் தெரிவதில்லை. சிவப்பு எழுத்துக்கள் சிவப்புப்பின்னணியுடன் ஒன்றிணைந்து விடுவதால், அவை நமது பார்வைக்குப் புலனாவதில்லை. ஆனால், அதே சிவப்புக்கண்ணாடிகளின் வழியாக வெள்ளைக் காகிதத்தின்மீது எழுதப்பட்ட நீல எழுத்துக்களைப் பார்க்கும்போது, அவ்வெழுத்துக்கள் சிவப்புப் பின்னணியின் மீது கறுப்பாகத் தெரிகின்றன. கறுப்பாக ஏன் தென்பட வேண்டும்?

சிப்புக்கண்ணாடி, நீலக்கதிர்கள் தன்னூடே செல்வதைத்தடுத்து விடுகிறது; சிவப்புக் கதிர்களை மட்டுமே அது செல்லவிடுவதால்தான் அது சிவப்பாய் இருக்கிறது. எனவே, நீல எழுத்துக்களுக்குப் பதிலாக ஒளியின்மையையே, அதாவது கறுப்பு எழுத்துக்களையோ பார்க்கிறோம்.

வர்ண 'அனாக்லிப்கள்' (குடைவுச் சித்திரங்கள்) எனப்படுபவைகளால் உண்டாகும் விளைவு - இது முப்பரிமாணக் காட்சிப்புகைப்படங்களினால் ஏற்படும் விளைவைப் போன்றதே - வர்ண கண்ணாடியின் இவ்வியல்பையே ஆதாரமாகக் கொண்டிருக்கிறது. 'அனாக்லிப்' படத்தில் வலது, இடது கண்களுக்கான முப்பரிமாணக்காட்சிப் பிம்பங்கள் ஒன்றன்மிது ஒன்றாக அமையும்படி செய்யப்படுகின்றன; இவ்விரு பிம்பங்களும் வெவ்வேறு நிறங்களில் ஒன்று நீலத்திலும், மற்றொன்று சிவப்பிலும் தாயரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

வெவ்வேறு நிறக் கண்ணாடிகளின் மூலமாகப் பார்க்கும் போது 'அனாக்லிப்கள்' ஒரே ஒரு, ஆனால் புடைப்பியல் கொண்ட பிம்பமாகக் காட்சியிளிக்கும். சிவப்புக் கண்ணாடி வழியாக வலது கண், வலது கண்ணிற்கான நீலப் பிம்பத்தை மட்டுமே பார்க்கிறது. இந்தப் பிம்பம் அதற்குக் கறுப்பாய்த் தெரிகிறது. நீலக்கண்ணாடி வழியாக இடது கண், இடது கண்ணிற்கான சிவப்புப் பிம்பத்தை மட்டுமே பார்க்கிறது. இப்பிம்பமும் கறுப்பாகவே தெரிகிறது. ஒவ்வொரு கண்ணும் அதற்கான ஒரு பிம்பத்தை மட்டுமே பார்க்கிறது; ஸ்டீரியோஸ்கோப்பிலும் இதுவே நடக்கிறது; எனவே, விளைவும் அதே மாதிரியாகவே - அதாவது புடைப்பியல் கொண்டதாகவே - இருக்கிறது.

"நிழல் வித்தைகள்"

சினிமாக்களில் ஒரு சமயம் காண்பிக்கப்பட்டு வந்த "நிழல் வித்தைகள்" என்பதை மேற்கூறப்பட்ட கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டவையே. நகரும் பொருள்களிலிருந்து திரையின் மீது விழும் நிழல்களை வெவ்வேறு நிறக் கண்ணாடிகளின் மூலம் பார்க்கும் போது அவை முப்பரிமாணத் தோற்றத்துடன் காட்சியளிக்கின்றன. இரு நிறக் முப்பரிமாணக் காட்சியின் விளைவாய் இத்தோற்றம் உண்டாகிறது. நிழலை உண்டாக்கும் பொருள் திரைக்கும், இரண்டு பச்சை, சிவப்பு விளக்குகளுக்கும் இடையில் வைக்கப்படுகிறது. இதிலிருந்து ஒன்றன் மீது ஒன்றாக ஓரளவு இணைந்த இரண்டு வர்ண நிழல்கள் கிடைக்கின்றன: சிவப்பும் பச்சையுமான கண்ணாடிகளானலான மூக்குக் கண்ணாடி போட்டுக் கொண்டு இவற்றைப் பார்க்க வேண்டும்.

இவ்வாறு உண்டாக்கப்படும் முப்பரிமாணக் காட்சி மிகவும் வியப்பூட்டுவதாயிருக்கிறது. பொருள்கள் உங்களை நோக்கி வருவதுபோல் தெரிகிறது; பிரம்மாண்டமான சிலந்தி ஒன்று உங்களிடம் ஊர்ந்துவருகிறது; உங்களுக்குத் தெரியாமலேயே நீங்கள் நடுங்குகிறீர்கள். அல்லது வீறிட்டு அலறுகிறீர்கள்! இதற்கு வேண்டிய சாதனம் மிகவும் எளிமையானது. படம் 134இல் அதைக் காணலாம். இப்படத்தில் (இடதுபுறம் காணப்படும் "G", "R" இரண்டும் பச்சை, சிவப்பு விளக்குகளைக் குறிக்கின்றன; P, Q இரண்டும் விளக்குகளுக்கும் திரைக்குமிடையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் பொருள்களைக் குறிக்கின்றன; PG, QG, PR ஆகியவை இப்பொருள்கள் திரைமீது வீழ்த்தும் வர்ண நிழல்களைக் குறிக்கின்றன; வெவ்வேறு நிறக் கண்ணாடிகளின் வழியாகப் பார்க்கும் போது - "G" பச்சைக் கண்ணாடியையும் "R" சிவப்புக் கண்ணாடியையும் குறிக்கின்றன- பார்ப்பவன் இப்பொருள்களைக் காணும் இடங்களைக் குறிப்பவை P1, Q1 ஆகியவை இரண்டும். திரைக்குப் பின்னால் இருக்கும் "சிலந்தியை" Qவிலிருந்து Pக்கு மாற்றினால் பார்ப்பவனுக்கு அது Q1 இலிருந்து P1 க்கு ஊர்ந்து வருவதுபோல் தோன்றுகிறது.

பொதுவாக, திரைக்குப் பின்னாலுள்ள பொருளை விளக்கிற்கு அருகாமையில் நகர்த்தும் போது திரையின் மீது விழும் நிழல் பெரிதாகிறது; திரையிலிருந்து அது தன்னை நோக்கிவருவதாகப் பார்ப்பவன் நினைக்கிறான்.

திரையிலிருந்து தன்னை நோக்க வருவதாகப் பார்ப்பவன் நின்னைக்கும்

படம் 134. “நிழல் விந்தையின்” விளக்கம்

ஒவ்வொரு பொருளும் உண்மையில் தியையின் மறு பக்கத்தில் - எதிர்த் திசையில் - திரையிலிருந்து விளக்கை நோக்கி நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது.

மாய நிறமாற்றங்கள்

லெனின் கிராத் நகரின் பொழுதுபோக்குப் பூங்கா ஒன்றின் வேடிக்கை விஞ்ஞான மண்டபத்தில் நடத்தப்பட்ட பரிசோதனைகளைப்பற்றி இங்கு கூற வேண்டும். மண்டபத்தின் ஒரு மூலையில் அறை போல் இருந்த நாற்காலிகள் அழந்த ஆரஞ்சு வர்ணமுள்ள உறைகளினால் மூடப்பெற்றிருந்தன; மேசைமீது பச்சை விரிப்பு விரிக்கப்பட்டிருந்தது. அதன்மீது சிவப்பு நிற பழச்சாறு நிறைந்த கண்ணாடி ஜாடி ஒன்றும், மலர்களுள்ள கிண்ணம் ஒன்றும் இருந்தன. அருகில் இருந்த அலமாரியில் பல நிறங்களில் எழுத்துக்கள் அச்சிடப்பட்ட உறைகளைக் கொண்ட புத்தகங்கள் இருந்தன.

முதலில் சாதாரண வெண்மையான மின்னொளியில் இவ்விடம் பிரகாசித்தது. பிறகு வெண்மையான ஒளி அணைக்கப்பட்டுச் சிவப்பு ஒளி வீசப்பட்டது. உடனே, ஆரஞ்சு வர்ண உறைகள் இளங்சிவப்பாகவும் பச்சை மேசைவிரிப்பு ஆழ்ந்த ஊதாவாகவும் மாறின. சிவப்புச் சாறு நிறமற்றுப் போய்த் தண்ணீர் போல் தோன்றியது; கிண்ணத்தில் இருந்த மலர்களும் நிறம் மாறி வேறுவிதமாகக் காட்சியளித்தன; புத்தக உறைகளின் மீதிருந்த சில எழுத்துக்கள் சுவடே இல்லாமல் மறைந்து

போயின. இன்னொரு முறை விட்சைத் தட்டியதும் பச்சை ஒளி வீசிற்று. அப்போது அவ்விடம் முற்றிலும் மாறுபட்டுக் காணப்பட்டது.

இம்மாய நிற மாற்றங்கள் நியூட்டனின் நிறக் கோட்பாட்டை நன்கு விளக்குகின்றன. அக்கோட்பாடு என்னவெனில், ஒரு பரப்பு, தான் கிரகித்துக் கொள்ளும் ஒளிக்கதிர்களின் நிறத்தைவிடச் சிதறடிக்கும் கதிர்களின் நிறத்தையே பெறுகிறது என்பதே. நியூட்டனின் நாட்டைச் சேர்ந்த பிரபல இயற்பியல் அறிஞரான ஜான் டிண்டல் இதைப் பற்றிப் பின்வருமாறு கூறுகிறார்.

"இருட்டறையிலுள்ள புது இலைகளின் மீது வெண்மையான ஒளிக்கற்றை ஒன்றை விழச் செய்து அவ்வொளிக் கற்றையின் பாதையில் ஊதாக் கண்ணாடியை வைத்து வைத்து எடுத்தால், இலைகள் பச்சையிலிருந்து திடீரென்று சிவப்பாகவும், மறுபடியும் சிவப்பிலிருந்து திடீரென்று பச்சையாகவும் மாறுவது வியக்கதக்க காட்சியாய் இருக்கும். இது ஒளிக் கதிர்கள் கிரகிக்கப்படுவதால் ஏற்படும் விளைவு."

எனவே, பச்சை மேசைவிரிப்பு வெண்மை ஒளியில் பச்சையாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணம், அது பிற கதிர்கள் அனைத்தையும் கிரகித்து, பச்சைக் கதிர்களையும் நிறமாலையில் அவற்றுக்கருகிலுள்ள கதிர்கள் சிலவற்றையும் மட்டும் கிதறடிப்பதுதான். சிவப்பு ஊதா இரண்டு நிறக் கதிர்களையும் கலந்து அம்மேசை விரிப்பின் மீது பாய்ச்சினால், அது சிவப்பு கதிர்களின் பெரும்பகுதியைக் கிரகித்துக் கொண்டு, ஊதாவை மட்டும் சிதறச் செய்வதால், மேசைவிரிப்பு ஆழ்ந்த ஊதா நிறைமுடையதாகிறது. நிறமாற்றங்கள் எல்லாவற்றிற்கும் இதுவே முக்கிய காரணமாகும்.

ஆனால், சிவப்பு ஒளியில் பார்க்கும்போது, சிவப்புச் சாறு ஏன் நிறமற்றதாய்த் தோன்றுகிறது? ஏனெனில், சாறு இருக்கும் கண்ணாடி ஜாடி பச்சை விரிப்பின் மீதுள்ள ஒரு வெள்ளைச் சவுக்கத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்தச் சவுக்கத்தை எடுத்துவிட்டால் சாறு சிவப்பாக மாறுகிறது. சிவப்பு ஒளியில் சவுக்கத்தின் பின்னணியில் மட்டுமே அது நிறமற்றுப் போகிறது; சவுக்கமும் சிவப்பு ஒளியில் சிவப்பாக மாறினாலுங்கூட, பழக்கத்தினாலும் ஆழ்ந்த ஊதா நிறத்துடன் காட்சியளிக்கும் மேசைவிரிப்புக்கும் அதற்குமுள்ள வேறுபாட்டினால் நாம் அதை வெளுப்பென்றே தொடர்ந்து எண்ணுகிறோம். சாறும் சவுக்கமும் ஒரே நிறமாயிருப்பதாலும் சவுக்கம் வெளுப்பாயிருப்பதாக நாம் எண்ணுவதாலும், சாறு வெளுப்பாயிருப்பதாக நம்மை அறியாமலேயே

நாம் நினைக்கிறோம். எனவேதான் அது சிப்பாகக் காட்சியளிக்காமல், நிறமற்ற நீர்போல் தோன்றுகிறது. சுற்றுப்புறங்களை வர்ணக் கண்ணாடிகளினால் பார்க்கும்போது இதே மாதிரியானதொரு தோற்றத்தைக் காணலாம்.

இந்தப் புத்தகம் எவ்வளவு உயரம்?

உங்கள் நண்பர் படித்துக் கொண்டிருக்கும் புத்தகத்தை விளிம்பின் மீது நிற்க வைத்தால் தரையிலிருந்து அது எவ்வளவு உயரம் இருக்கும் என்று அவரைக் கேளுங்கள். பிறகு, அவர் கூறுவதைச் சோதித்துப் பார்க்கவும். அவரது ஊகம் நிச்சயமாய்த் தவறாயிருக்கும்; புத்தத்தின் உயரம் அவர் சொல்வதில் பாதிதான் இருக்கும். மேலும் புத்தகம் எவ்வளவு உயரம் வரும் என்பதை அவர் குனிந்து காட்டவேண்டாம் என்றும் வார்த்தைகளிலேயே விடை கூறும் படியாகவும் சொல்லவும். பழக்கமான எந்தப்பொருளைக் கொண்டும் - எடுத்துக்காட்டாக, மேசைவிளக்கு அல்லது தொப்பியைக் கொண்டும் - இப்பரிசோதனையை நீங்கள் செய்துபார்க்க முடியும். ஆனால் அது உங்கள் கண்மட்டத்தில் பார்த்துப் பழகியதாய் இருக்க வேண்டும். பார்ப்பவர்கள் தவறு செய்வதற்குக் காரணம், ஒரு பொருளை ஓரத்தில் பார்த்தல், அதன் அளவு குறைவாகத் தோன்றுவதே ஆகும்.

கோபுர கடிகாரத்தின் முகம்

நமது தலைக்கு மிகவும் உயரத்தில் இருக்கும் பொருள்களின், முக்கியமான, கோபுரக் கடிகாரங்களின் அளவை மதிப்பிடுவதிலும் எப்போதும் அதே தவறு செய்கிறோம். இக்கடிகாரங்கள் மிகவும் பெரியதாய் இருந்தபோதிலும், அவற்றின அளவு குறித்த நமது மதிப்பு உண்மையான அளவைவிட குறைவாயுள்ளது. புகழ்வாய்ந்த வெல்ஸட் மின்ஸ்டர் கோபுரக் கடிகாரத்தின் முகத்தைக் கீழேயுள்ள சாலைக்கு இறக்கிக் கொண்டுவந்தால் அது எப்படித் தோன்கிறது என்பதைப் படம் 135ல் காணலாம். சாதாரண ஆட்கள் அதனருகில் குள்ளர்கள் போல் தோன்றுகின்றனர். இருந்தாலும், தொலைவில் காட்டப்பட்டுள்ள கடிகாரக் கோபுரத்தின் துவாரத்தில் அது பொருந்துகிறது -நம்பினால் நம்புங்கள், நம்பாவிட்டா போங்கள்!



படம் 135. வெஸ்ட்மின்ஸ்டர் கோபுரக் கடிகாரத்தின் அளவு.

கறுப்பும் வெளுப்பும்

படம் **136**ஐத் தொலைவிலிருந்து பார்த்து அடிப்புள்ளிக்கும் மேல் புள்ளிகளுள் எதாவதொன்றுக்குமிடையே எத்தனை கறுப்புப் புள்ளிகளை வைக்க முடியும் என்று சொல்லுங்கள், பார்க்லாம். நான்கா, ஐந்தா? "ஐந்திற்கு இடம் இருக்காது. ஆனால், நிச்சயமாக நான்கிற்கு இடம் இருக்கும்" என்றுதான் சொல்லுவீர்கள்.

நம்பினால் நம்புங்கள், நம்பாவிட்டால் போங்கள் - மூன்று புள்ளிகளுக்கு மட்டுமே இடம் உள்ளது. அதற்கு மேல் இல்லை! நீங்களே இதைச் சோதித்துப் பார்க்கலாம்! இம்மாயத் தோற்றம் "விளிம்பொளி" எனப்படுகிறது; இதனால்தான், கறுப்புத் துண்டுகள் அதே அளவுள்ள வேறு நிறத் துண்டுகளை விட அளவில் சிறிதாகத் தோன்றுகின்றன. இதற்குக் காரணம், நமது கண்ணிலுள்ள ஒரு குறைபாடுதான்; ஒளியியல்

கருவியிற்குரிய துல்லியத்தை அது முழு அளவுக்குப் பெற்றில்லை. அதன் ஒளிவிலக்கப்பகுதிகள் விழித்திரையின் மீது உண்டாக்கும் பிம்பம், நன்கு குவியச் செய்யப்பட்ட புகைப்படக் காமிரா அதன் கண்ணாடித் திரையின் மீது வீழ்த்தும் பிம்பத்தைப் போல் துல்லிய உரைவரை கொண்டிருக்கவில்லை. கோளப்பிறழ்ச்சி என்பதன் காரணமாக, ஒளிப்பகுதி ஒவ்வொன்றிலும் அதைச் சுற்றி ஒளி விளிம்பு ஒன்று இருக்கிறது; இதனால், விழித்திரையின் மீது விழும் பிம்பம் சற்றுப்பெரிதாகிவிடுகிறது. எனவேதான், ஒளிப்பரப்புகள் அதே அளவுள்ள கறுப்புப்பரப்புகளை விடப் பெரிதாகத்தோன்றுகின்றன.

பெருங் கவிஞரான கேதே இயற்கையை நன்கு கவனித்தவராயினும் இயற்பியல் நோக்கில் இவர் அவ்வளவு சரியாகப் பார்க்கவில்லை என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும் - நிறங்களின் தத்துவம் என்னும் நூலின் இத்தோற்றத்தைப் பற்றி பின்வருமாறு கூறுகிறார்:

“கறுப்புப் பொருள் ஒன்று அதே அளவுள்ள பிரகாசமான பொருள் (வெவ்வேறு பொருளை)விட அளவில் சிறிய தாகத் தோற்றமளிக்கிறது. கறுப்புப் பின்னணியிலுள்ள வெள்ளைப் புள்ளியையும், அதே விட்டமுள்ள கறுப்புப் புள்ளியை வெள்ளைப் பின்னணியிலும் ஒரே சமயத்தில் பார்க்கும் போது, கறுப்புப் புள்ளி வெள்ளைப்புள்ளியைவிட அளவில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு குறைவாகத் தெரியும். கறுப்புப் புள்ளியை அந்த அளவிற்குப்



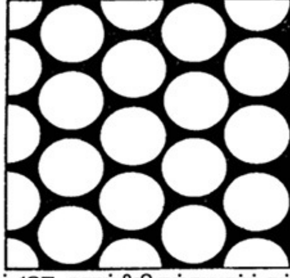
படம் 136. அடிப்புள்ளிக்கும் மேற்புள்ளிகளுள் ஏதாவதொன்றுக்குமிடையிலுள்ள தொலைவு மேற்புள்ளிகள் இரண்டின் வெளிவிளிம்புகளுக்கிடையிலுள்ள தொலைவைவிட அதிகமாயிருப்பது போல் தோன்றுகிறது. உண்மையில், அவை இரண்டும் ஒரே அளவுள்ளவைதாம்.

பெரிதாக்கினால் இரண்டும் ஒரே அளவுடையதாகத் தெரியும். பிறைச் சந்திரனானது அதன் கறுப்புப்பகுதியின் (இளம் பிறையில் காணப்படும் சாம்பல் நிறப்பகுதி - யா. பெரரெல்மான்) விட்டத்தைவிட அதிக விட்டமுடைய ஒரு வட்டத்தின் பகுதியாய்த் தெரிகிறது. வெளிர்நிற உடைகளை விடக்கறுப்பு நிற உடைகளில் நாம் சற்று ஒல்லியாகத்

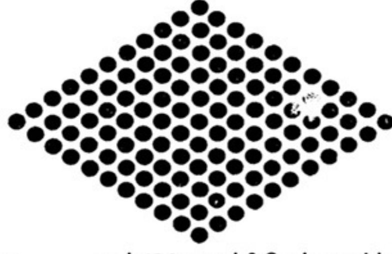
தோன்றுகிறோம். ஒருபொருளின் விளிம்பை ஒட்டினாற்போல மேலே வரும் ஒளி அதில் ஒரு தாழ்வை உண்டாக்குவதாய்த் தோன்றுகிறது. ஒரு கழிக்குப் பின்னால் மெழுகுவர்த்திக் சுவாலை ஒன்று இருந்தது, அக்கழியைப் பார்க்கும்போது, அதில் அவ்விடத்தில் ஒரு சிறுகாடி வெட்டு இருப்பது போல் தோன்றுகிறது. சூரியன் உதிக்கும்போது அஸ்தமிக்கும் போதும் தொடுவானத்தில் அது ஒரு குழிவை உண்டாக்குவதாய்த் தோன்றுகிறது."

மேலே குறிப்பிட்ட யாவும் சரிதான். ஆனால், ஒரு விலக்கு: வெள்ளைப் புள்ளி அதே அளவுள்ள கறுப்புப்புள்ளியைவிட எப்போதும் ஒரே அளவிற்குப் பெரியதாக இருப்பதில்லை. இந்த அளவு நீங்கள் புள்ளிகளை எவ்வளவு தூரத்திலிருந்து பார்க்கிறீர்கள் என்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஏன்? படம் 136ஐ இன்னும் அதிகத் தூரத்திற்கு நகர்த்துங்கள். அம்மாயத் தோற்றத்தின் அளவு இன்னும் 'பளிச்செனத்' தெரியும். ஏனெனில் நாம் குறிப்பிட் அதிகப்படியான விளிம்பு அதே அகலத்தோடுதான் இருக்கிறது. அருகில் கொணர்ந்தால் அவ்விளிம்பு வெள்ளைப் பரப்பின் அளைவ 10 சதவீதம் அதிகப்படுத்துகிறது; தூரத்தில் இருந்தால், 30இலிருந்து 50 சதவீம் வரையிலுங்கூட வெள்ளைப் பரப்பின் அளவை அதிகப்படுத்துகிறது. படம் 137இல் காட்டப்பட்டிருக்கும் வட்டவடிவமான வெள்ளைப் புள்ளிகளை இரண்டு மூன்று அடிகளுக்கு அப்பாலிருந்து பார்த்தால் அவை ஆறுகோணவடிவமாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணமும் இதுதான். ஆறிலிருந்து எட்டுவரை உள்ள தொலைவிலிருந்து பார்த்தால் இப்படம் தேன்கூடுபோல் தோன்றும்.

இம்மாயத் தோற்றத்திற்குக் காரணம் விளிம்பொளிதான் என்னும் விளக்கம் முற்றிலும் திருப்திகரமானதாக எனக்குத் தோன்றவில்லை. வெள்ளைப் பின்னணியிலுள்ள கறுப்புப்புள்ளிகளை (படம் 138) காரத்திலிருந்து



படம் 137. தூரத்திலிருந்து பார்க்கும்போது வட்டமான வெள்ளைப் புள்ளிகள் அறுகோண வடிவுள்ளவை போல் தோன்றுகின்றன.



படம் 138. தூரத்திலிருந்து பார்க்கும்போது கறுப்புப் புள்ளிகள் அறுகோண வடிவுள்ளவை போல் தோன்றுகின்றன.

பார்த்தபோது அவையும் ஆறுகோண வடிவில் தோற்றமளித்ததைக் கவனித்தேன். இங்கு விளிம்பொளியினால் புள்ளிகளின் அளவு அதிகரிப்பதில்லை; மாறாகக் குறைகிறது. ஒளியியல் மாயத் தோற்றங்களுக்கு அளிக்கப்படும் விளக்கங்கள் பொதுவாக முற்றிலும் திருப்திகரமாய் இருப்பதில்லை என்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். உண்மையில் பெரும்பாலான மாயத் தோற்றங்களுக்கு இனிமேல்தான் விளக்கம் கண்டறிந்து கூறியாக வேண்டும்.

எது அதிகக் கறுப்பு?

'அஸ்டிக்மாட்டிஸம்' என்னும் கண்ணின் மற்றொரு குறைபாட்டைப் படம் 139 நமக்கு அறிமுகப்படுத்துகிறது. ஒரு கண்ணினால் அதைப் பார்க்கவும். நான்கு எழுத்துக்களும் ஒரே அளவிற்குக் கறுப்பாகத் தோன்றா. எதுமிகவும் கறுப்பாயிருக்கிறது என்பதைக் கவனித்துக் கொண்ட, படத்தைப் பக்கவாட்டில் திருப்பவும். மிகவும் கறுப்பாகத் தோன்றிய எழுத்து சாம்பல் நிறமாகி மற்றொரு எழுத்து மிகவும் கறுப்பாக ஆவதை இப்போது காண்பீர்கள். உண்மையில், எல்லா எழுத்துக்களும் ஒரே அளவுக்கே கறுப்பாக இருக்கின்றன. அவற்றின் மீது வெவ்வேறான திசைகளில் வெள்ளைக் கோடுகள் இழுக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வளவுதான். விலை மிகுந்த கண்ணாடி லென்சுகளைப் போல் நமது கண் சிறப்பாகவும் குறைபாடு இல்லாமலும் இருந்தால் எழுத்துக்களின் கறுப்பில் ஒரு மாறுதலும் ஏற்படுவதாய்த் தெரியாது. ஆனால், நமது கண் ஒளியை வெவ்வேறு திசைகளில் ஒரேமாதிரியாக விலகச் செய்வதில்லை. அகவே குத்துக்கோடுகள் கிடைமட்டக் கோடுகள், சாய்வான கோடுகள் ஆகியவற்றை ஒரே தெளிவுடன் நம்மால் பார்க்க முடிவதில்லை..

கண்ணில் இக்குறைபாடு இல்லாதிருப்பது மிகவும் அரிது. சிலருக்கு பார்வையின் கூர்மை பெரிதும் குறைந்த போகும் அளவிற்கு

‘அஸ்டிக்மாட்டிஸம்’ என்னும் குறைபாடு அதிகமாய் இருக்கிறது, இதை நீக்குவதற்கு அவர்கள் தனிப்பட்ட கண்ணாடிகளை அணிய வேண்டும்.



படம் 139. இதை ஒரு கண்ணினால் பார்க்கவும். ஓர் எழுத்து பிறவற்றைவிட கறுப்பாகத் தெரியும்.

நமது கண்களில் வேறு குறைபாடுகளும் உள்ளன. அவற்றை அகற்றும் முறைகள் கண் வைத்தியர்களுக்குத் தெரியும். அவற்றைப் பற்றி ஹெல்ம்ஹோல்ட் பின்வருமாறு கூறுகிறார்:

“இவ்வளவு குறைபாடான ஒரு கருவியை ஒளியியல் கருவி விற்கும் கடைக்காரர் ஒருவர் என்னிடம் விற்கத் துணிந்தால் அவரை நன்கு திட்டி அதை அவரிடமே திருப்பிக் கொடுத்துவிடுவேன்.”

கண்களிலுள்ள குறைபாடுகளினால் ஏற்படும் இம்மாயத் தோற்றங்களைத் தவிர முற்றிலும் வேறு காரணங்களினால் உண்டாகும் மாயத் தோற்றங்கள் பலவும் உள்ளன.

முறைத்துப் பார்க்கும் உருவப்படம்

உங்களை முறைத்துப் பார்ப்பது மட்டுமல்லாது நீங்கள் எங்கு சென்றாலும் உங்களையே தொடர்ந்து பார்க்கம் உருவப்படங்களை நீங்கள் பார்த்திருக்கலாம். நெடுங்காலத்திற்கு முன்பே இது கவனிக்கப்பட்டிருக்கிறது; பலரைத் திகைக்க வைத்துமுள்ளது. சிலரைப் பயமுறுத்திக் கூட இருக்கிறது! பிரபல ருஷ்ய எழுத்தாளரான நிக்கலாய் கோகல் உருவப்படும் என்னும் தமது நூலில் இதைப்பற்றி அற்புதமாக வர்ணத்திருக்கிறார்:

“கண்கள் நேரே அவனுள் நோக்கின, அவனைத் தவிர வேறு எதையும் அவை பாக்க விரும்பவில்லை போல் தோன்றியது... எல்லாவற்றையும் தாண்டி அவனையே, அவனுள்ளேயே உருவப்படம் உற்றுப்பார்த்தது.



படம் 140. மர்ம உருவப் படம்

இம்மாய முறைப்பைப் பற்றி ஏராளமான கட்டுக்கதை களும் மூடநம்பிக்கைகளும் உண்டு. உண்மையில் இது ஓர் ஒளியியல் மாயத் தோற்றமேயன்றி வேறல்ல. இவ்வகை உருவப்படங்களில் கருமணி கண்ணின் நடுமையத்தில் நம்மை நேராகப் பார்ப்பவரின் கண்ணில் நாம் பார்ப்பதைப் போலவே வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நம்மைத் தாண்டி ஒருவர் பார்க்கும்போது கருமணியும் 'ஐரிஸ்' எனப்படும் கண்திரை படலமும் கண்ணின் மையத்தில் இல்லாது, பக்கமாக நகருகின்றன. ஆனால், உருவப்படத்தில் மட்டும், நாம் எந்தப்பக்கமாகச் சென்றாலும், கருமணி கண்ணின் மையத்திலேயே இருக்கிறது. உருவப்படத்தின் முகத்தை நம்மைப் பொறுத்தவரை, அதே இடத்தில் நாம் பார்ப்பதால் உருவப்படத்திலுள்ள ஆள் தனது தலையை நமது பக்கமாகத் திருப்பி, நம்மைக் கவனித்துக் கொண்டிருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. அத்தகைய படங்களைப் பார்க்கும் போது நமக்கு ஏற்படும் விசித்திரமான உணர்ச்சிக்கும் இதுவேதான் காரணம் - படத்திலுள்ள குதிரை, நாம் எவ்வளவுதான் அதிலிருந்து தப்பித்துக்கொள்ள முயன்றாலும், நம்மீதே பாய்வதாகத் தோன்றுகிறது. படத்திலுள்ள மனிதனின் விரல் நம்மையே சுட்டிக்காட்டிக் கொண்டிருப்பது போல் தெரிகிறது! படம் 140 அம்மாதிரியான ஒரு படம். விளம்பரத்திற்காக அல்லது பிரசாரத்திற்காக இவை பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

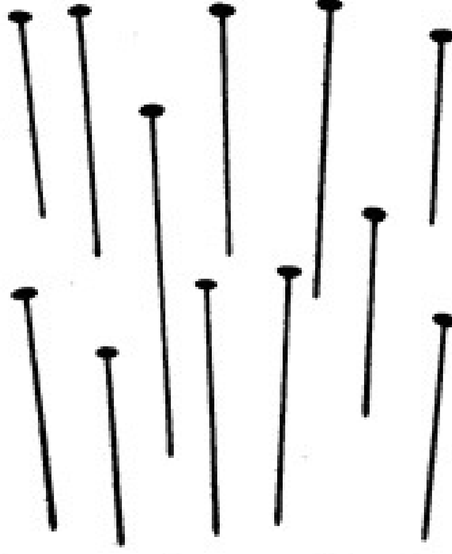
மேலும் சில மாயத் தோற்றங்கள்

படம் 141இல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள குண்டூசிகளில் விசேஷம் எதுவும் தென்படவில்லை. இல்லையா? ஆயினும், புத்தகத்தில் கண் மட்டத்திற்குத் தூக்கி ஒரு கண்ணை மூடிக்கொண்டு, உங்களது பார்வைத் திசை அவற்றினூடே வழுக்கிச் செல்லும் முறையில் அவற்றைப் பார்க்கவும். இந்தக் குண்டூசிகளை நீட்டினால் அவை ஒன்றுசேருவது போல் தோன்றுமிடத்தில் உங்கள் கண் இருக்க வேண்டும். அப்போது குண்டூசிகள் செங்குத்தாய்க் குத்தப்பட்டிருப்பது போல் காட்சியளிக்கும். உங்கள் தலையைப் பக்கவாட்டில் அசைத்தால் குண்டூசிகளும் அதே பக்கத்தில் சாய்வதுபோல் தோன்றும்.

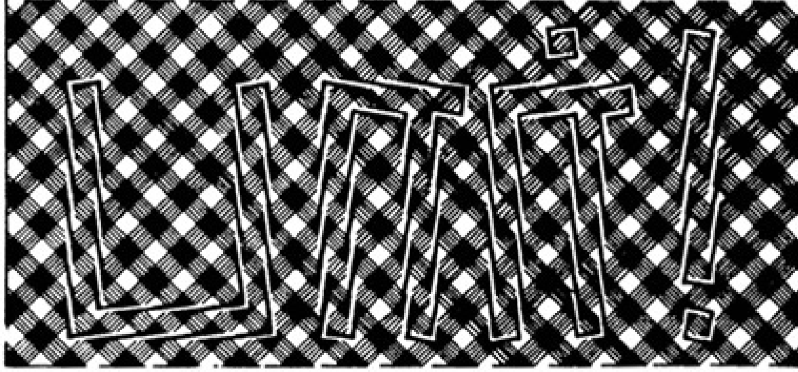
இம்மாயத் தோற்றத்திற்குக் காரணம் தொலைவு அணிமைத் தகவு பற்றிய விதிகள்தாம். செங்குத்தாய் நிற்கும் குண்டூசிகளைக் குறிப்பிட்ட ஓர் இடத்திலிருந்து பாப்ப்பவனுக்கு அவை எப்படித் தோன்றுமோ அப்படியே இப்படம் வரையப்பட்டிருக்கிறது. மாயத் தோற்றங்களினால் ஏமாற்றப்படும் இந்த இயல்பு நமது கண்பார்வையின் குறைபாடு என்று எண்ணிவிடக் கூடாது. ஏனெனில், இவ்வியல்பினால் நமக்கு ஒரு அனுகூலம் கிடைக்கிறது. பெரும்பாலும் இதை நாம் உணருவதில்லை. இது இல்லாவிட்டால் ஓவியக் கலையோ இராது. பொதுவாக, நுண் கலைகளிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் இன்பமும் மறைந்துவிடும். நமது பார்வையிலுள்ள இக்குறைபாடுகளை ஓவியர்கள் பெருமளவிற்குப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

18ஆம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த பிரபல அறிஞரான யூலர், தாம் எழுதிய பல்வேறு இயற்பியல் விவரங்கள் பற்றிய கடிதங்கள் என்னும் நூலில் பின்வருமாறு எழுதுகிறார்: “ஓவியக்கலை முழுவதுமே இம்மாயத் தோற்றத்தின் மீது ஆதாரப்பட்டிருப்பதாகவும். பொருள்கள் உண்மையில் இருப்பதைப் போலவே அவற்றைப் பற்றி நாம் கருதுவதானால், இந்தக்கலை (ஓவியக்கலை) இருக்கவே முடியாது; நாம் பார்வையில்லாதோர் ஆகிவிடுவோம். ஓவியர் வர்ணங்களைக் கலந்து குழைப்பதும் வீணான முயற்சியாகும்; ஏனெனில், இதோ சிவப்பு, அதோ நீலம், இங்கே கறுப்பு, அங்கே வெள்ளைத் திட்டுகள் என்று மட்டுமே அப்போது சொல்லிக் கொண்டிருப்போம். அனைத்தும் ஒரே தளத்திலேயே இருக்கும்; தொலைவு வேறுபாடு எதுவும் தென்படாது; ஒரு பொருளையும் ஓவியமாகத் தீட்டிக்காட்ட முடியாது. காகிதத்தின் மீது ஓவியர் காட்டவிரும்பும் எதுவும் காகிதத்தின் மீதுள்ள எழுத்தைப் போலவே நமக்குத் தோன்றும். எனவே நமக்கு இந்தப் பார்வை குறைபாடு இல்லாமற்போகுமானால், இன்பமும் பயனுமிக்க

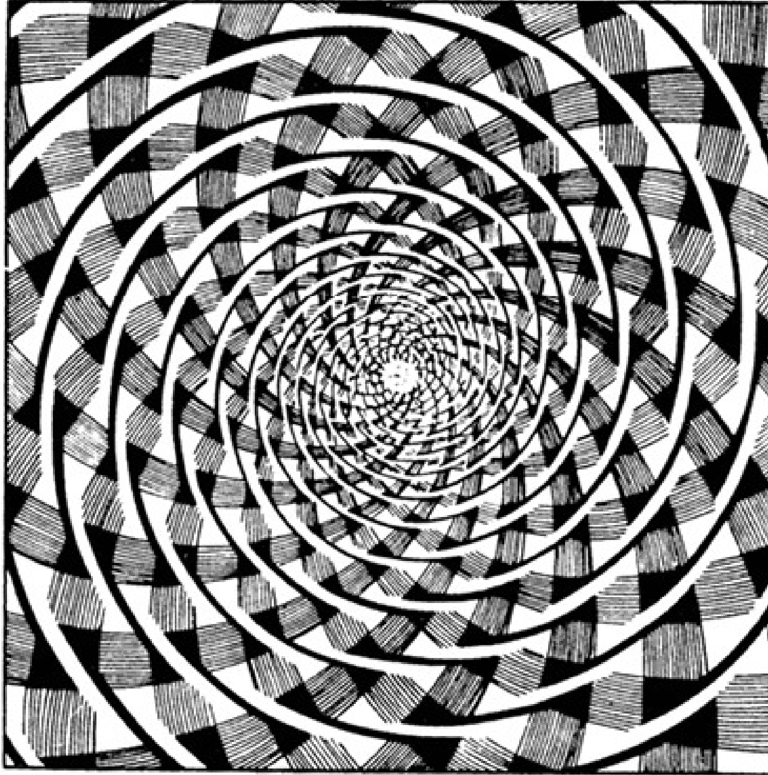
ஓவியக்கலையிலிருந்து நாள்தோறும் நமக்குக் கிடைத்து வரும் மகிழ்ச்சியும் இல்லாமற் போய்விடும் அல்லவா?"



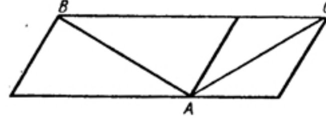
படம் 141. ஒரு கண்ணை மூடிக் கொள்ளுங்கள். குண்டூசிகளை நீட்டினால் அவை ஒன்று சேருவது போல் தோன்றுமிடத்தை மற்றொரு கண்ணால் பாருங்கள். காகிதத்தின் மீது குண்டூசிகள் செங்குத்தாய் குத்தப்பட்டிருப்பது போல் காணப்படும். புத்தகத்தை பக்கவாட்டில் மெல்ல நகர்த்தினால் குண்டூசிகள் அசைந்தாடுவது போலத் தோன்றும்.



படம் 142. எழுத்துக்கள் உண்மையில் நேராகவே இருக்கின்றன.



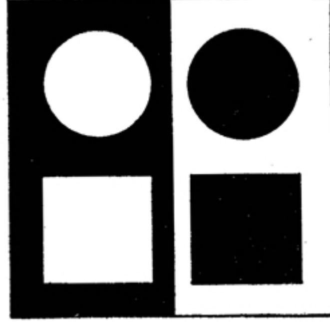
படம் 143. இது சுருளைப்போல் தோன்றுகிறது. உண்மையில் இவ்வளைகோடுகள் வட்டங்களே ஆகும். கோடுகளின் மீது பென்சில் முனையைச் செலுத்தி, நீங்களே இதைக் கண்டு கொள்ளலாம்.



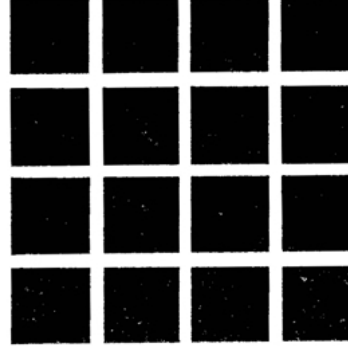
படம் 144. AB, AC-ஐ விடப் பார்ப்பதற்கு நீளமாகத் தோன்றினாலும் இரண்டும் சமமே.



படம் 145. சாய்வுக் கோடு உடைந்திருப்பது போல் தோன்றுகிறது.



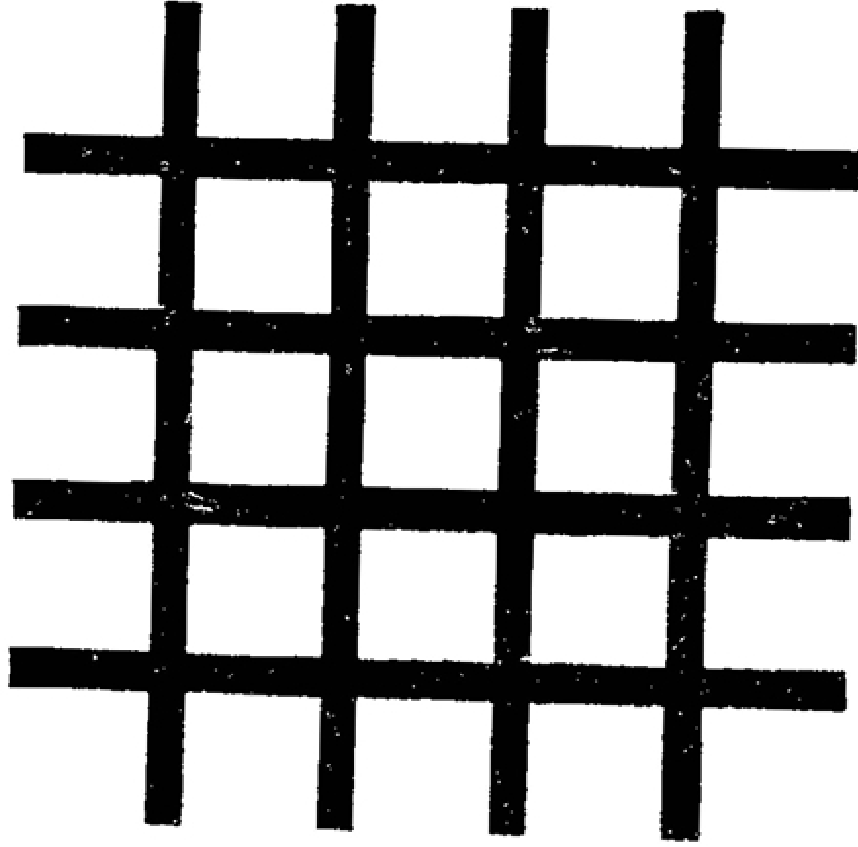
படம் 146. வெள்ளை, கறுப்புச் சதுரங்கள் இரண்டும் சமமே. அங்ஙனமே வெள்ளை, கறுப்பு வட்டங்கள் இரண்டும் சமம் தான்.



படம் 147. வெள்ளைப் பட்டைகள் சந்திக்குமிடங்களில் சிறிய மங்கலான சாம்பல் நிற சதுரங்கள் தோன்றித் தோன்றி மறைகின்றன. பட்டைகள் என்னவோ முழுவதும் வெள்ளையாகத் தான் இருக்கின்றன. கறுப்புச் சதுரங்கள் அனைத்தையும் காகிதத்தினால் மூடினால் இது தெளிவாக விளங்கும்.

படம் **144. AB, AC-**ஐ விடப் பார்ப்பதற்கு நீளமாகத் தோன்றினாலும் இரண்டும் சமமே.

படம் **145.** சாய்வுக் கோடு உடைந்திருப்பது போல் தோன்றுகிறது.



படம் 148. கறுப்புப் பட்டைகள் சந்திக்குமிடங்களில் மங்கலான சாம்பல் நிறச் சதுரங்கள் தோன்றித் தோன்றி மறைவதுபோல்.

நேரானவை என்று நம்பவே முடியாது; படம் 143இல் உள்ள வட்டங்கள் ஒரே சுருளைச் சேர்ந்தவை அல்ல என்று நம்புவதும் அதைவிடக் கடினம். இதைச் சோதிப்பதற்கான ஒரே வழி பென்சிலை எடுத்துக்கொண்டு, வட்டங்களின் மேல் அதைச் செலுத்துவதுதான். படம் 144இல் உள்ள AC கோடு பார்ப்பதற்கு இருப்பதுபோல் ABஐவிடக் குட்டையல்ல; ABக்குச் சமமாக இருக்கிறது. 145, 146, 147, 148ஆம் படங்களில் காண்பிக்கப்பட்டுள்ள மாயத் தோற்றங்களின் விளக்கங்களை

அவற்றிற்கு அடியில் காணலாம். படம் 147 இல் உள்ள மாயத் தோற்றம் எவ்வளவு உண்மையாய்த் தோன்றுகிறது என்பதைக் கீழ்வரும் நிகழ்ச்சி நன்கு விளக்கும்; இந்நூலின் முந்திய பதிப்பாளர் ஒருவர் இப்படத்துக்கான அச்சுப் பதிவுத் தகட்டைப் பார்வையிட்ட போது, அது நன்றாகச் செய்யப்படவில்லை என்று நினைத்து, வெள்ளைக் கோடுகள் சந்திக்குமிடங்களில் தென்பட்ட சாம்பல் நிறப்பகுதிகளை நீக்கும்படி சொல்லி, 'பிளாக்கைத்' திருப்பி அனுப்பிவிட்டார். தற்செயலாக அங்கு சென்ற நான் இப்படத்தின விவரத்தை விளக்கிய பிறகுதான் அவருக்கு அதன் ரகசியம் விளங்கிற்று!

கிட்டப்பார்வை

கண்ணாடியைக் கழற்றிவிட்டால் கிட்டப்பார்வையுள்ள ஆளுக்கு ஒன்றும் சரியாகத் தெரிவதில்லை. ஆனால், அவர் எதை பார்க்கிறார் அதை எப்படி பார்க்கிறார் ஆகியவற்றைப் பற்றி சரியான பார்வையுள்ளவர்களுக்குத் தெரியாது. கிட்டப்பார்வையுள்ளவர்கள் பலர் இருப்பதால் அவர்கள் எப்படிப் பார்க்கின்றனர் என்பதைத் தெரிந்துகொள்வது பயனுடையதாயிருக்கும்.

முதலாவதாக, கிட்டப்பார்வையுள்ள ஆளுக்கு எதுவும் தெளிவற்று பூசினாற்போல் தென்படுகிறது. சரியான பார்வையுடையவருக்கு வானத்தின் பின்புலத்தில் தெளிவாகத் தென்படும் இலைகள், குச்சிகள் போன்றவை கிட்டப்பார்வையுள்ளவருக்கு ஒரே பச்சையாய்க் காணப்படும். விவரங்கள் அவருக்குப் புலப்படுவதில்லை. ஆட்களின் முகங்கள் அதிக இளமையுடனும் கவர்ச்சியுடனும் தெரியும்; கண்களின் ஓரங்களிலுள்ள சுருங்கங்களும் வேறு பல குறைபாடுகளும் அவருக்குத் தென்படுவதில்லை; முகத்தில் காணப்படும் இயற்கையான அல்லது செயற்கை முகப்பூச்சினால் உண்டாகிய சிவப்பு, மென்மையான செம்மை போல் காட்சியளிக்கும், அவரால் வயதைச் சரியாக மதிப்பிட முடிவதில்லை; 10 வயது வரை கூடக் குறைவாகச் சொல்லுவார். ஒருவரைக் கண்ணெதிரே பார்க்கும் போதுகூட அவரைப் பார்க்காதது போல் நடந்து கொள்வார். இதனால் அவர் சாமர்த்தியக் குறைவானவர் என்பதாய்க் கருதப்படுவதுண்டு. அவரைக் குறைகூறக்கூடாது. உண்மையில் அவருடைய கிட்டப்பார்வைதான் இவை அனைத்திற்கும் காரணம்.

19ஆம் நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த ருஷ்யக் கவிஞர் டெல்விக் பின்வருமாறு எழுதினார்: "லுஸேய் பள்ளியில் நான் மூக்குக்கண்ணாடி

போட்டுக் கொள்ள அனுமதிக்கப்படவில்லை; பெண்கள் எல்லோரும் அழகாகவும் நேர்த்தியாகவும் எனக்குத் தோற்றமளித்தனர். படிப்பு முடிந்ததும் நான் எவ்வளவு அதிர்ச்சிடைந்தேன், தெரியுமா?" உங்களுடைய கிட்டப்பார்வை நண்பர் (அவருடைய மூக்குக்கண்ணாடி இல்லாதிருந்தால்) உங்களுடன் பேசும் போது உங்களுடைய முகத்தைப் பார்ப்பதில்லை அல்லது, அவர் எதைப் பார்ப்பதாக நீங்கள் நினைக்கிறீர்களோ அதைப் பார்ப்பதில்லை. அவருக்குத் தென்படும் உங்களுடைய பிம்பம் தெளிவாயிராது. எனவே, ஒரு மணிநேரம் கழித்தும் உங்களை அவர் அடையாளம் தெரிந்து கொள்ளாதிருந்தால் அதில் வியப்பேதுமில்லை! கிடப்பார்வையுள்ளவர்களில் பலர் பிறரை அடையாளம் கண்டு கொள்வது அவ்வளவாக அவர்களுடைய உருவத்தைக் கண்டு அன்று; அவர்களுடைய குரலைக் கொண்டுதான்! குறைவான பார்வைத்திறன் அதிகப்படியான செவித் திறனால் ஈடுசெய்யப்படுகிறது!

கிட்டப்பார்வையுள்ளவர்கள் இரவில் எதைப் பார்பார்கள் என்பதைத் தெரிந்து கொள்ள விரும்புகிறீர்களா? தெரு விளக்குகள் தீபங்கள், வெளிச்சமான சன்னல்கள் முதலியவைப் போன்ற பிரகாசமான பொருள்கள் யாவும் பெரிய அளவு பெற்று, சுற்றிலுமுள்ள நமது உலகை உருவமில்லாத வெளிச்சப்பகுதி களினாலும் இருண்ட மங்கலான நிழற்சித்திரங்களினாலுமாகிய ஒரு குழப்பமாக மாற்றிவிடுகின்றன. தெரு விளக்குகளின் வரிசைக்குப் பதிலாக இரண்டு அல்லது மூன்று மிகப் பெரிய வெளிச்சத் திட்டுகளே கிட்டப்பாவையுள்ளவருக்குத் தெரியும். இவை தெருவின் பிற பகுதிகளை மறைத்துவிடுகின்றன. தன்னை நோக்கி வரும் ஒரு மோட்டார்க் காரை அவரால் கண்டுகொள்ள முடியாது; அதற்குப் பதிலாக அதன் முன்விளக்குகளை இரண்டு பிரகாசமான வட்டங்களாகவும் கார் மொத்தையாய்க் கறுப்பு உருவாகவும் அவர் காண்கிறார். வானமும் வேறாகத் தோன்றுகிறது. கிட்டப்பார்வையுள்ளவர்கள் முதல் 'மூன்று அல்லது நான்கு நட்சத்திர அளவுள்ள' நட்சத்திரங்களை மட்டுமே பார்க்கிறார். எனவே, பல்லாயிரக்கணக்கான நட்சத்திரங்களுக்குப் பதிலாகச் சில நூறு நட்சத்திரங்களையே காண்கிறார். அவையும் விளக்குகளைப் போல் பெரிதாகத் தெரிகின்றன. அவருக்குச் சந்திரன் பிரம்மாண்டமானதாகவும் மிக அருகாமையிலும் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. பிறைச் சந்திரனோ விசித்திர வடிவமைமுடையதாகிவிடுகிறது.

இக்குறைபாட்டிற்குக் காரணம் கண்ணின் அமைப்பில் இருக்கிறது. விழிக்கோளம் நீண்டதாகிவிடுகிறது. ஆகவே, அதன் மாறுபட்ட ஒளிவிலக்கத் திறனின் காரணமாய், தூரத்திலுள்ள பொருள்கள் பிம்பங்கள் விழித்திரையை அடைவதற்கு முன்னரே குவியும்படி ஆகிறது. விழித்திரை மீது ஏற்படும் தெளிவற்ற பிம்பம், விரிந்து செல்லும் ஒளிக்கற்றைகளினால் உண்டாக்கப்படுவதாகும்.



அத்தியாயம் பத்து: ஒலியும் செவிப்புலனும்

எதிரொலி வேட்டை

எதிரொலிகளைச் சேகரிப்பதைப் பொழுதுபோக்காகக் கொண்ட ஓர் ஆளின் இடையூறுகளை விவரிக்கும் வேடிக்கையான கதையை மார்க் ட்வைன் எழுதினார். சிறப்பான அல்லது மிகவும் அதிகமான எதிரொலியுள்ள ஒவ்வொரு நிலப்பகுதியையும் இந்தக் கிறுக்கன் வாங்குவதற்கு முயன்றானாம்!

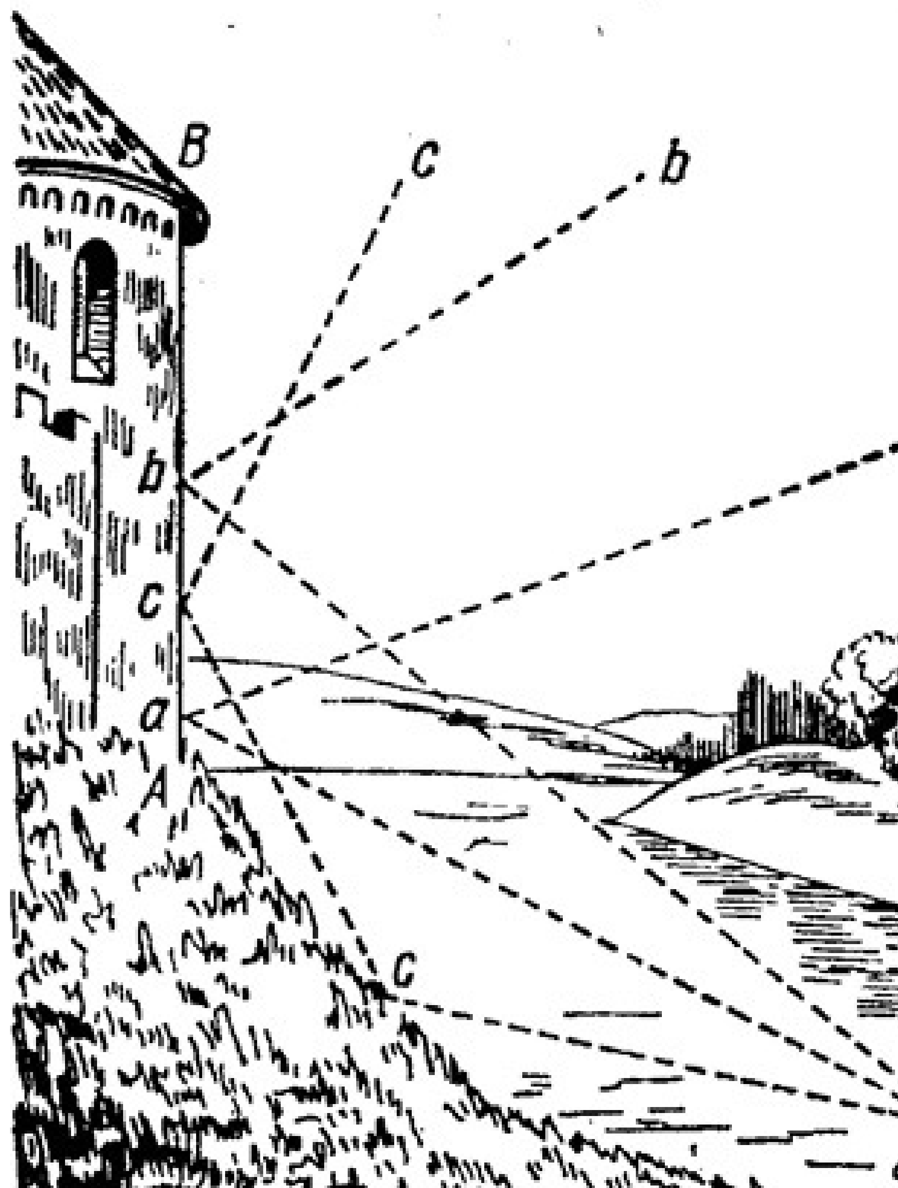
“ஜியார்ஜியாவில் நான்கு தடவைகள் திரும்பத் திரும்ப ஒலிக்கும் எதிரொலி இருந்து இடத்தை முதலில் வாங்கினான். அடுத்தது மேரிலாண்டில் ஆறு தரம் மீண்டும் ஒலிக்கும் எதிரொலியுடைய இடம். அதற்கடுத்தது ஸ்பெயின்னில் உள்ள பதிமுன்று தரம் ஒலிக்கும் எதிரொலி தோன்றும் இடம், அடுத்தது கான்சாஸில் ஒன்பது முறை எதிரொலிக்கும் இடம். அதற்கடுத்தது மென்னெஸியில் பன்னிரண்டு முறை எதிரொலிக்கும் இடம் - இதை மிகவும் மலிவாக வாங்கினானாம்; ஏனெனில் எதிரொலியை உண்டாக்கிய பாறையின் ஒரு பகுதி இடிந்து விழுந்து விட்டது. சில ஆயிரம் டாலர்களுக்குள் அதைச் சீர்படுத்திவிட முடியும் என்றும் அதன் உயரத்தை அதிகப்படுத்தி அதன் ஒலி எதிரொலிப்பு எண்ணிக்கையையும் அதிகப்படுத்திவிடலாம் என்றும் அவன் எண்ணினான். ஆனால் அவ்வேலையை மேற்கொண்ட கட்டட நிபுணர் எதிரொலிக்கும் அமைப்பு எதையும் அறியாதவர். எனவே, இதைப் பூராவும் கெடுத்துவிட்டார். கட்டடநிபுணர் அதில் கை வைப்பதற்கு முன்னால் அது “மாமியாரைப்” போல் திரும்பப் பேசிக் கொண்டிருந்தது; இப்போதோ செவிடர்கள் ஊமைகளது இருப்பிடமாவதற்குத் தகுதியுடையதாகிவிட்டது.’

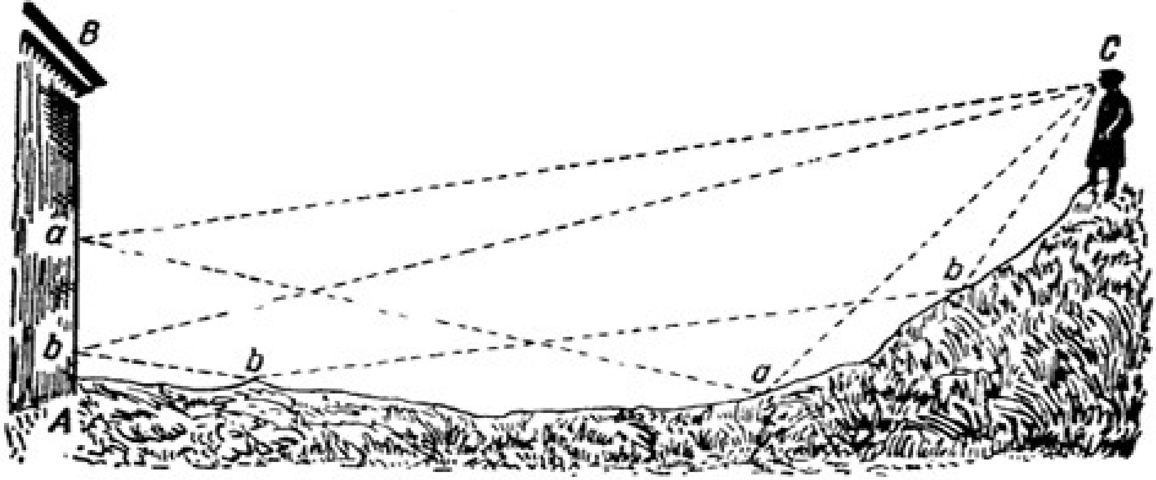
வேடிக்கை ஒருபுறமிருக்க, தெளிவாகப் பலமுறை ஒலிக்கும் அற்புதமான சில எதிரொலிகள் சில இடங்களில் - முக்கியமாக, மலைப் பிரேதேசங்களில் - இருக்கின்றன. இவை உலகப் புகழ் பெற்ற எதிரொலிகள் சிலவாகும். இங்கிலாந்திலுள்ள உடாக் என்னும் கோட்டையிலுள்ள எதிரொலி பதினேழு அசைகளைத் தெளிவாக மீண்டும் மீண்டும் ஒலிக்கிறது. ஹால்பெர்ஷ்டாட்டிற்கு அருகிலுள்ள டீரென்பர்க் என்னும் பாழடைந்த கோட்டை, ஒரு சுவர் முற்றிலும் அழிவதற்கு முன்புவரை 27 அசைகளை எதிரொலித்து வந்தது. செக்லோவாக்கியாவில் ஆதர் பாஹிற்கு அருகில் அரைவட்ட வடிவப் பாறைகளுக்கிடையே

உள்ள திறந்தவெளியில் எழும் சத்தத்தை மூன்று முறை எதிரொலிக்கும் இடம் ஒன்று இருக்கிறது எனினும், அங்கிருந்து ஒருசில அடிகளுக்கப்பால் துப்பாக்கிச் சத்தங்கூட எந்த விளைவையும் உண்டாக்குவதில்லை. மிலானுக்கு அருகில் ஒரு கோட்டையில் மீண்டும் மீண்டும் ஒலிக்கும் மிகச் சிறந்த எதிரொலி ஒன்று இருந்தது. அந்தக் கோட்டையுடன் இணைந்த ஒரு சிறிய கட்டத்திலுள்ள சன்னலிலிருந்து சுடப்பட்ட துப்பாக்கிச் சத்தம் 40-50 தடவை எதிரொலித்தது; உரத்த குரலில் சொல்லப்படும் சொல் சுமார் 30 முறை எதிரொலித்தது.

தெளிவாக ஒரு முறை ஒலிக்கும் எதிரொலிகளுங்கூட அரிதாகவே தென்படுகின்றன. அத்தகைய இடங்களைக் கண்டுபிடிப்பது அவ்வளவு சுலபமில்லை. சம்வெளிகளைவிட மலைப்பிராந்தியங்களில் எதிரொலிகள் விதம் விதமாக இருக்கக் காண்கிறோம். ஆனால் அவை அரிதினும் அரிது அவற்றைக் கண்டுபிடிப்பதும் சிரமம். காரணம் என்ன? எதிரொலி என்பது ஏதோவதொரு தடையினால் பிரபிலிக்கப்பட்ட ஒலி அலைகளின் தொடர்ச்சியாக இருப்பதே காணரம். ஒலிவிதிகளும் ஒளி விதிகனப் போன்றவையே; அதன் படுகோணமும் எதிரொலிப்பு கோணமும் சமமாகும்.

ஒரு குன்றின் அடிவாரத்தில் (படம் 149) நீங்கள் இருப்பதாகவும் ஒலியைத் திருப்பி அனுப்பும் தடையான AB உங்களைவிட உயரத்தில் இருப்பதாகவும் எண்ணிக் கொள்ளுங்கள். Ca, Cb, Cc திசைகளில் செல்லும் ஒலி அலைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டபின் உங்கள் காதுக்கு வராமல் AA, BB, CC திசைகளில் சென்று விடுகின்றன. ஆனால், ஒலியைத் திருப்பி அனுப்பும் தடை, நீங்கள் இருக்கும் மட்டத்திலோ உங்களுக்குக் கீழாகவோ இருந்தால் (படம் 150) எதிரொலி உங்களுக்குக் கேட்கும். ஒலியானது Ca, Cb வழியாகச் சென்று, தரைமீது ஒரு தடவையோ, இரண்டு தடவையோ பட்டு, CA AC அல்லது CB BC வழியாகத் திரும்பிவந்து சேருகிறது. தரைமீது படும் இடங்களுக்கு இடையிலுள்ள தணிந்த பகுதி ஒரு குழி ஆடியைப் போல் செயல்பட்டு எதிரொலியை மேலும் தெளிவாக கேட்கும்படிச் செய்கிறது. Cக்கும் Bக்கும் இடையிலுள்ள பகுதி குவி வடிவில் உப்பியிருந்தால் எதிரொலி மிகவும் மெல்லியதாக இருக்கும்; சில சமயம் உங்களிடம் வந்து சேரவே சேராது. ஏனெனில், ஆடி ஒளியைச் சிதறடித்துவிடுவதைப் போலவே இதுவும் ஒளியைச் சிதறடித்துவிடும்.


B
c
b
b
c
a
A
C



படம் 150. எதிரொலி தெளிவாக இருக்கிறது.

மேடுபள்ளமாய் இருக்கும் இடத்தில் எதிரொலியைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு ஒரு தனித் திறமை வேண்டும். அதை எப்படி உண்டாக்குவது என்பது உங்களுக்குத் தெரிந்திருக்க வேண்டும். முதலாவதாக, தடைக்கு மிக அருகில் நிற்கக்கூடாது. ஒலி அலைகள் போதிய தொலைவிற்குச் செல்ல வேண்டும்; இல்லையேல் எதிரொலி மிகவும் முன்னதாகவே ஏற்பட்டு, மூல ஒலியுடனேயே ஒன்றிவிடும். ஒலி வினாடிக்கு 340 மீட்டர் வேகத்துடன் செல்வதால் 85 மீட்டர் தொலைவில் சரியாக அரை வினாடிக்குப்பின் எதிரொலி கேட்கும். எல்லா எதிரொலிகளும் ஒரே அளவுக்குத் தெளிவாயிருப்பதில்லை; ஒலி எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு திடுதிப்பென்றும் பலமாகவும் எழுகிறதோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு எதிரொலி தெளிவாய் இருக்கும். கைதட்டலினால் ஏற்படும் ஒலி மிகவும் சிறந்தது. மனிதர்களின் குரலொலி குறிப்பாக ஆணின் குரலொலி அவ்வளவாகச் சிறந்ததில்லை. பெண்கள், குழந்தைகள் ஆகியோரின் குரல்களின் சுருதி அதிகமாயிருப்பதால், அவை அதிகத் தெளிவாக எதிரொலியை உண்டாக்குகின்றன.

ஒலியால் தூரத்தை அளத்தல்

காற்றில் ஒலி செல்லும் வேகம் தெரிந்திருந்தால், நம்மால் அடைய முடியாத இடத்துக்குள்ள தொலைவை அதைக் கொண்டு அளக்க முடியும். ஜூல் வேர்னின் பூமியின் மையத்திற்குப் பிரயாணம் என்னும் நூலில் இதைப் பற்றிய விவரம் ஒன்று காணப்படுகிறது. பேராசிரியரும் அவரது மருமகனும் தரைக்குக்கீழே சென்று கொண்டிருக்கும்போது தவறிப் பிரிந்துவிடுகின்றனர். ஒருவரை ஒருவர் உரக்கக் கூப்பிட்டனர்; இறுதியில்,

ஒருவர் கூப்பிட்டதை மற்றொருவர் கேட்டவுன் அவர்களிடையே கீழ்காணும் உரையாடல் நடைபெற்றது;

‘மாமா’ என்றேன் நான் (மருமகன்).

‘என்னடா?’ என்று அவர் (பேராசிரியர்) பதிலளித்தார்.

‘நாம் ஒருவருக்கொருவர் எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கிறோம் என்பதைத் தெரிந்து கொள்வது அவசியம்.’

‘அது அவ்வளவு கடினமல்ல.’

‘காலமானி உங்களிடம் இருக்கிறது அல்லவா?’ என்றேன்.

‘இருக்கிறது’.

‘சரி, அதைக் கையில் எடுத்துக் கொள்ளுங்கள், என் பெயரை உச்சரிக்கவும்; அதே சமயத்தில் வினாடியின் இலக்கத்தைக் குறித்துக் கொள்ளுங்கள். உங்கள் சொற்களைக் கேட்டவுடனேயே நான் பதில் அளிக்கிறேன். அப்போது எனது பதில் உங்களுக்குக் கேட்கும்போது திரும்பவும் வினாடியின் இலக்கத்தைக் குறித்துக் கொள்ளுங்கள்.’

‘சரி; எனது கேள்விக்கும் உனது விடைக்குமிடையேயுள்ள நேரத்தில் பாதி, எனது குரல் உனக்குக் கேட்பதற்காகும் நேரம்...”

‘உனது பெயரை இதோ உச்சரிக்கப் போகிறேன்’ என்றார் பேராசிரியர்.

‘குகைப் பாதையின் சுவரில் என் காதை வைத்துக் கொண்டேன்; அவருடைய குரல் என் காதில் விழுந்தவுடன் நான் திரும்பி, சுவருக்கருகில் சென்று அதன் மீது உதடுகளை வைத்துப் பதில் குரல் கொடுத்தேன்.

‘நாற்பது வினாடி’ என்றால் எனது மாமா. ‘இரு சொற்களுக்குமிடையே நாற்பது வினாடி நேரம் ஆகியிருக்கிறது. ஆகவே, ஒலி செல்வதற்கு இருபது வினாடி ஆகிறது. ஒரு வினாடிக்கு ஒலி செல்லும் தூரம் ஆயிரத்து இருபது அடி என்றால் நம்மிடையேயுள்ள தூரம் இருபதினாயிரத்து நானூறு அடியாகும். ஏறத்தாழ ஏழு கிலோமீட்டர்.”

(இங்கு இந்நூலாசிரியர் கணக்கிடுவதில் ஒரு தவறு செய்துவிட்டார். ஏனென்றால் அடர்த்தியான ஊடகங்களில் ஒலி காற்றில் செல்வதைவிட வேமாகச் செல்கிறது. உதாரணமாக, கடல்நீரில் ஒலியின் வேகம்

வினாடிக்கு 1,490 மீட்டர்களாகும். ஆனால் திண்ணமான பொருள்களில் ஒலியின் வேகம் இன்னமும் அதிகம் - பதிப்பாசிரியர்)

இப்போது பின்வரும் கேள்விக்கு உங்களால் விடையளிக்க முடியும்; ரயில் இஞ்சினிலிருந்து ஊதலிலிருந்து கிளம்பும் நீராவிப் புகையைப் பார்த்து ஒன்றரை வினாடிக்குப் பிறகு அதன் விசில் சத்தத்தைக் கேட்டால் ரயில் எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது?

ஒலி ஆடிகள்

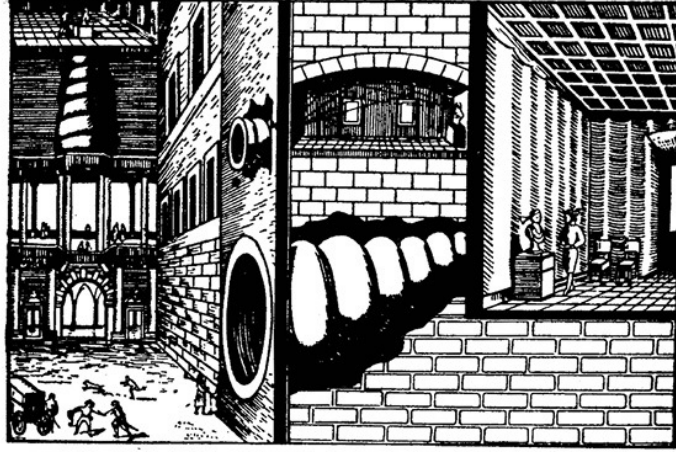
காடுகளினாலான சுவர், உயரமான வேலி, கட்டடம், மலை அல்லது எதிரொலி உண்டாக்கும் எந்தத் தடையும் ஓர் ஒலி ஆடிதான்; ஏனெனில், சாதாரணத் தட்டையான ஆடி ஒளியைப் பிரதிபலக்கச் செய்வதைப் போலவே மேற்கூறிய தடையும் ஒலியைப் பிரதிபலிக்கச் செய்கிறது.

ஒலி அலைத் தொடர்களைக் குவியப்படுத்தும் குழி ஒலி ஆடியும் இருக்கிறது. இரண்டு குழிவான பீங்கான் தட்டுகளையும் ஒரு கடிகாரத்தையும் கொண்டு பின்வரும் பரிசோதனையை நீங்கள் செய்து பார்க்கலாம். ஒரு தட்டை மேசை மீது வைத்து, அதற்குச் சில சென்டிமீட்டருக்கு மேலே கடிகாரத்தைப் பிடித்துக் கொள்ளுங்கள். மற்றொரு தட்டை படம் 151 இல் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் போல் உங்களுடைய காதுக்கருகில் பிடித்துக் கொள்ளவும். இம் மூன்று பொருள்களையும் சரியானபடி வைத்தால் (செய்து செய்து இதைக் கண்டுபிடிக்கலாம்) கடிகாரத்தின் ‘டிக் டிக்’ ஒலி உங்களது காதுக்கருகில் உள்ள தட்டிலிருந்து வருவதைப் போல் தோன்றும். ஆனால், கண்களை மூடிக் கொண்டு விட்டால் இந்த வினோதத்தை இன்னும் அதிகரிக்கச் செய்யலாம் காதினால் கேட்கும் ஒலியை மட்டுமே கொண்டு, கடிகாரத்தை எந்தக் கையில் வைத்திருக்கிறீர்கள் என்று உங்களால் சொல்ல முடியாது.



படம் 151. குழி ஒலி ஆடிகள்

மத்தியக் காலத்திய கோட்டைக் கட்டுமானிகள் ஒரு குழி ஒலி ஆடியின் குவியப் புள்ளியிலோ, சுவரினுள் தந்திரமாக மறைத்துக் கட்டப்பட்ட பேசும் குழாய் ஒன்றின் நுனியிலோ சிலைகளை அமைத்து ஒலியைக் கொண்டு



படம் 152. முணுமுணுக்கும் சிலைகள் (அதனேஸியஸ் கிர்ஹர் எழுதிய நூலிலிருந்து. 1560)

ஏமாற்று வேடிக்கை செய்தனர். 16ஆம் நூற்றாண்டு நூல் ஒன்றிலிருந்து எடுக்கப்பெற்ற படம் 152ல் இந்த ஏற்பாடுகளைப் பார்க்கலாம். வில்வளைவு வடிவிலுள்ள உட்கூரை, பேசும் குழாயின் வழியாக வரும் எல்லா ஒலிகளையும் சிலையின் உதடுகளுக்குப் பிரதிபலித்து அனுப்புகிறது; கட்டடத்தினுள் மறைந்திருக்கும் பேசும் குழாய்கள் வெளிமுற்றத்திலிருந்து வரும் ஒலிகளைத் தாழ்வாரத்தின் சுவர்களுக்கு அருகில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் சிலைகளுக்கு எடுத்துச் செல்கின்றன. முணுமுணுக்கும் அல்லது பாடும் சிலைகளின் மர்மம் இதுதான்.

நாடகக் கொட்டகையில் ஒலி

நாடக அல்லது பாட்டுக் கச்சேரி ரசிகர்களுக்கு ஒலிப்பண்பில் சிறந்த கூடங்களும் மோசமானவையும் உண்டென்பது தெரியும். சிலவற்றில் பேச்சோ, பாட்டோ தூரத்தில் கூட நன்றாகக் கேட்கும்; வேறு சிலவற்றில் மிக்க அருகாமையிலேயே அவை அடங்கிப் போய்விடும்.

சிறிது காலத்திற்கு முன்புவரை, கொட்டகை நல்ல ஒலிப்பண்புகளுடன் இருப்பது ஓர் அதிர்ஷ்டம் என்றே கருதப்பட்டு வந்தது. இக்காலத்திலோ வேண்டாத எதிரொலிகளை அடக்கிவிடும் வழிமுறைகளைக் கட்டட நிபுணர்கள் கண்டுபிடித்துள்ளனர். இதைப்பற்றி விரிவாக நான் சொல்ல விரும்பவில்லை; ஏனெனில் கட்டட நிபுணர்களுக்கு மட்டுமே அவ்விவரங்களில் அக்கறை இருக்கும். எனினும், ஒலியியல் குறைபாடுகளை நீக்குவதற்கான முக்கியமான வழி என்ன வென்றால், வேண்டாத ஒலிகளைக் கிரகித்துக் கொள்ளக்கூடிய பரப்புகளை அமைப்பதுதான் என்பது மட்டும் இங்கு குறிப்பிட வேண்டும்.

ஒரு துவாரம் எப்படி ஒளியைக் கிரகிக்கிறதோ, அப்படியே திறந்த சன்னலும் ஒலியைக் கிரகிக்கிறது. ஒலிக்கிரகிப்பை மதிப்பிடுவதற்கு ஒரு சதுர மீட்டர் அளவுள்ள திறந்த சன்னலை அலகாக வைத்துக் கொள்ளவது வழக்கம். கேட்பவர்களின் கூட்டமே ஒரு சிறந்த ஒலிக்கிரகிப்பியாகும்; ஒவ்வோர் ஆளும் அரைச்சதுர மீட்டர் திறந்த சன்னலுக்குச் சமமாவார். "கூட்டத்தினர் மெய்யாகவே (இயற்பியல் முறையில்) பேச்சாளர் சொல்வதைக் கிரகிக்கின்றனர்!", என்றால் இயற்பியலாளர் ஒருவர். அங்ஙனமே சொல்வதைக் கிரகித்துக் கொள்ளும் கூட்டத்தினர் இல்லாமற் போனால் பேசுபவர்களுக்கு நல்லதல்ல.

ஒலி அதிகமாக கிரகிக்கப்பட்டாலும் கெடுதலே, ஏனெனில் முதலாவதாக பேச்சையோ பாட்டையோ அது மந்தமாக்கிவிடுகிறது; இரண்டாவதாக, எதிரொலியை அமுக்கி விடுவதால் ஒலிகள் கரகரப்பாகவும் கரடுமுரடாகவும் ஆகிவிடுகின்றன. எதிரொலி ஓரளவிற்கு வேண்டியதே. மிக நீண்ட நேரத்திற்கும் இருக்கக் கூடாது; மிகக் குறைவான நேரத்திற்கும் இருக்கக்கூடாது. இந்த அளவு எல்லாக் கூடங்களுக்கும் ஒரே மாதிரியாய் இருக்க முடியாது; கூடத்தைத் திட்டமிடும் கட்டட நிபுணரே இந்த அளவைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

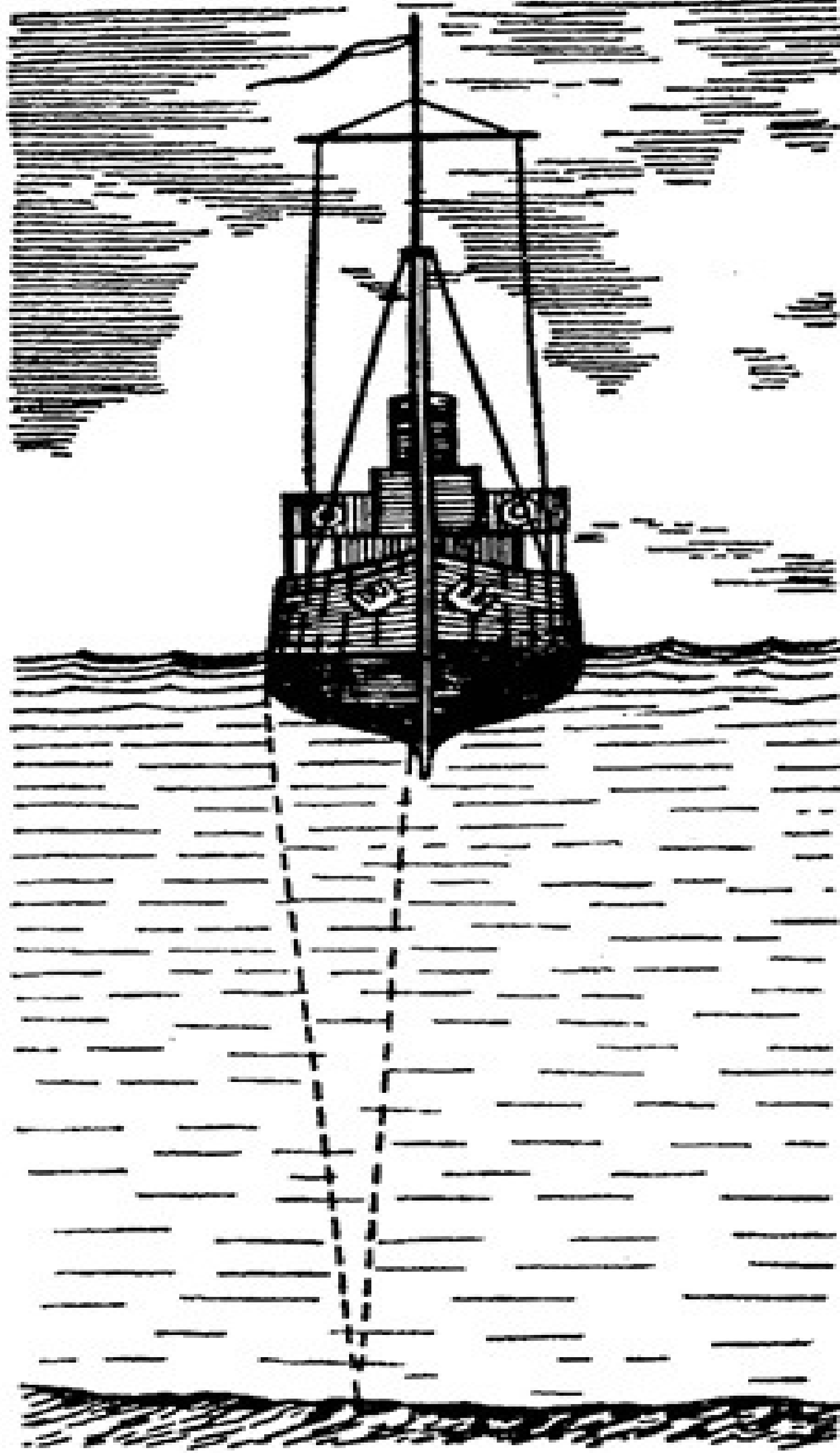
இயற்பியல் நோக்கில் கருத்துக்குரிய இன்னோர் இடமும் கூட்டத்தில் உண்டு. அதாவது வசனத்திற்கு அடியெடுத்துக் கொடுப்பவர் இருக்குமிடம். எப்போதும் இந்த இடம் ஒரே அமைப்புடையதாகவே இருப்பதை நீங்கள் கவனித்திருக்கிறீர்களா? இதற்குக் காரணம் இயற்பியல்தான். வடிவத்தில் அது குழி ஒலி ஆடிபோல் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இரு வழிகளில் இவ்வடிவம் உதவுகிறது. முதலாவதாக, அடியெடுத்துக் கொடுப்பவர் சொல்வதை நாடகம் பார்ப்பவர்களின் செவிகளுக்குச் செல்லாதவாறு தடுக்கிறது; இரண்டாவதாக, அவர் சொல்வதை அரங்கத்தின் மீதுள்ள நடிகர்கள் மட்டும் கேட்கும்படி பிரபலிக்கிறது.

கடல் அடியிலிருந்து எதிரொலி

எதிரொலிகளின் துணை கொண்டு கடலின் ஆழத்தை அளக்கும் முறை கண்டுபிடிக்கப்படும் வரை, எதிரொலிகள் பயனற்றவையாகவே இருந்தன. தற்செயலாகவே இந்த முறை தெரிய வந்தது. 1912ல் "டைடானிக்" என்னும் பெருங்கப்பல், மிதக்கும் பனிக்கட்டிப்பாறை ஒன்றின் மீது மோதி, ஏறக்குறைய எல்லாப் பயணிகளுடன் மூழ்கியது. மூடுபனிகளில் அல்லது இரவில் கப்பலின் பாதையில் ஏதாவது தடை இருக்கிறதா என்பதைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு எதிரொலியை உபயோகிக்க

மாலுமிகள் முயன்று பார்த்தனர். இம்முயற்சி வெற்றி பெறவில்லை.எனினும், கடலின் அடியிலிருந்து வரும் எதிரொலியைக் கொண்டு கடலின் ஆழத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கான வழி ஒன்றை அது காட்டியது.

இது எப்படிச் செய்யப்படுகிறது என்பதைப் படம் 153இல் காணலாம். கப்பலின் நீர்மூழ்கிப் பகுதியில் ஒலி அசைவுகளின் தோற்றுவாய் உள்ளது. ஒலி அலைகள் கீழே அனுப்பப்படுகின்றன. அவை நீரைக் கிழித்துக் கொண்டு சென்று, கடலின் அடியை அடைந்து மீண்டும் திருப்பி மேலே வருகின்றன. இவ்வெதிரொலி அல்லது பிரிதிபலிக்கப்பட்ட ஒலி அலைகள் கப்பலின் சுவரை ஒட்டி வைக்கப்பட்டிருக்கும் நுட்பமான ஒரு கருவியினால் பதிவு செய்யப்படுகிறது. நீரில் எவ்வளவு விரைவாக ஒலி செல்கிறது என்பது தெரியுமாதலால், பிரதிபலிக்கச் செய்யும் தடை எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது என்பதை, அதாவது கடலின் ஆழத்தை, நாம் கணக்கிட்டுவிட முடியும்.



படம் 153. எதிரொலியால் ஆழம் கண்டுபிடித்தல்

எதிரொலியினால் ஆழம் அளக்கும் வழி, ஆழம் கண்டு பிடிக்கும் முறைகளில் புரட்சியை உண்டாக்கியது. பழைய முறைகளில் ஆழம் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமானால் முதலில் கப்பலை நிறுத்த வேண்டும்; இது மிகவும் சிரமமான வேலை, பிறகு ஆழம் கண்டுபிடிக்கும் கயிற்றை மெல்ல, நிமிஷத்திற்கு 150 மீட்டர் வீதம், அவிழ்த்துக் கீழே விட வேண்டும்; கயிற்றை மீண்டும் மேலே இழுத்துச் சுற்றுவதற்கும் அதே அளவு நேரமாகும். எடுத்துக்காட்டாக, மூன்று கிலோமீட்டர் ஆழத்தை அளக்க 45 நிமிஷம் ஆகும். எதிரொலி முறையிலோ ஒருசில வினாடிகளிலேயே அதைக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். மேலும், அதைச் செய்வதற்குக் கப்பலை நிறுத்த வேண்டியதில்லை; விடையும் மிகவும் கறாராயிருக்கிறது - கால் மீட்டருக்கு மேல் பிழை ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், நேரத்தை மட்டும் மிகவும் நுட்பமாக, வினாடியில் மூவாயிரத்தில் ஒரு பங்கு துல்லியத்துடன் அளக்க வேண்டும்.

பெரும் ஆழங்களைத் துல்லியமாய்க் கணக்கிடுவது சமுத்தியரவில் ஆராய்ச்சிகளுக்கு முக்கியமானது. ஆழம் அதிகமில்லாத இடங்களை விரைவாகவும் நம்பகமாகவும் துல்லியமாகவும் அளப்பது, கப்பலைப் பத்திரமாகக் கரைக்குக் கொண்டுவர அவசியமாகும்.

ஆழ்த்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு உபயோகிக்கப்படுவது சாதாரண ஒலிகள் அன்று; மிக வன்மையுள்ள “மீஒலிகளே” பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

‘இம்மீ ஒலிகளை நாம் கேட்க முடியாது. ஏனெனில் அவற்றின் அதிர்வு எண் வினாடிக்குப் பல மில்லியன்கள் ஆகும். இவ்வொலிகள், விரைவாக மாறும் மின்புலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ‘க்வார்ட்’ தகட்டின் அதிர்வுகளினால் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

தேனீக்கள் ஏன் ரீங்காரம் செய்கின்றன?

பூச்சிகள் ஏன் ரீங்காரம் செய்கின்றன? பெரும்பாலான பூச்சிகளில் இதற்கெனத் தனி உறுப்பு எதுவும் இல்லை. பூச்சிகள் பறக்கும் போது மட்டுமே இந்த ரீங்காரத்தை நாம் கேட்கிறோம். வினாடிக்குப் பல நூறு தடவை துடித்து அசையும் இறகுகளினால்தான் இது உண்டாக்கப்படுகிறது. துடித்து அசையும் தகட்டைப்போல் உள்ளவை இந்தச் சிறகுகள். போதிய அளவு விரைவுடன் வினாடிக்கு 16 தடவைக்குமேல் துடித்து அசையும் எந்தத் தகடும் குறிப்பிட்ட சுருதியுள்ள ஸ்வரத்தை உண்டாக்கும்.

பூச்சி பறக்கும் போது தனது சிறகுகளை வினாடிக்கு எவ்வளவு தடவை அடித்துக் கொள்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு விஞ்ஞானிகளுக்கு உதவி புரிவது இச்சுருதிதான். எவ்வளவு தடவை என்பதைக் கணக்கிடுவதற்கு பூச்சியினுடைய ரீங்காரத்தின் சுருதியைத் தீர்மானித்துவிட்டால் போதும். ஏனெனில், ஒவ்வொரு ஸ்வரத்திற்கும் அதற்கே உரியத்தான அதிர்வு எண் உண்டு. (அத்தியாயம் ஒன்றில் குறிப்பிடப்பட்ட மெல்ல இயங்கும் புகைப்படக் காமிராவின் உதவியுடன் ஒரு பூச்சி ஒவ்வொரு சந்தர்ப்பத்திலும் ஏறக்குறைய ஒரே அளவு விரைவுடனேயே தனது சிறகுகளை அடித்துக் கொள்வதை விஞ்ஞானிகள் நிருபித்திருக்கின்றனர். பறப்பதைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குத் தனது சிறகு இயக்கத்தின் வீச்சையும் சிறகு சாய்ந்திருக்கும் கோணத்தையும் மாத்திரமே அது மாற்றிக் கொள்கிறது. குளிரின் காரணமாய் மட்டுமே ஒருவினாடியில் ஏற்படும் சிறகு அசைவுகளின் எண்ணிக்கையை அது அதிகப்படுத்திக் கொள்கிறது. அதனால்தான், ரீங்காரத்தின் ஸ்வரம் ஒரே அளவுள்ளதாய் இருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, சாதாரண ஈ ஒரு வினாடியில் தனது இறகுகளை **352** தடவை அடித்துத் தனது வரத்தை எழுப்புகிறது. பெருந்தேனீயோ **220** தடிவை அடித்துக் கொள்கிறது. தேனீ, தேன் இல்லாதபோது ஒரு வினாடியில் **440** தடவையும் தேனைச் சுமந்திருக்கும் போது **330** தடவையும் தனது சிறகுகளை அடித்துக் கொள்கிறது. குறைந்த சுருதியில் ரீங்காரம் செய்யும் வண்டுகள் தங்கள் சிறகுகளைச் சற்று மெல்ல அடித்துக் கொள்கிறது. மாறாக, கொசுக்களோ தங்கள் சிறகுகளை வினாடிக்கு **500-600** தடவை அடித்துக் கொள்கின்றன. விமானத்தின் புரொபெல்லர் வினாடிக்கு **25** தடவைதான் சுற்றுகிறது என்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது.

ஒலியியல் மாயத் தோற்றங்கள்

சத்தம் எழுப்பப்படும் மூலம் தூரத்தில் இருப்பதாக ஏதாவதொரு காரணத்தினால் நாம் கற்பனை செய்து கொண்டால், அச்சத்தம் மிகவும் பலமாய் இருப்பதுபோல் தோன்றுகிறது. இம்◌ாயத் தோற்றங்களினால் அடிக்கடி நாம் ஏமாறுகிறோம். ஆனால் அவற்றைப் பெரும்பாலும் பொருட்படுத்துவதேயில்லை. அமெரிக்க விஞ்ஞானி வில்லியம் ஜேம்ஸ் தமது உளவியல் என்னம் நூலில் பின்வறும் விசித்திர சம்பவத்தைக் குறிப்பிடுகிறார்:

“ஒரு நாள் இரவில் நெடுநேரம் படித்துக் கொண்டிருந்த போது திடீரென்று ஒரு பெரும் சத்தத்தைக் கேட்டேன். அது வீட்டின்

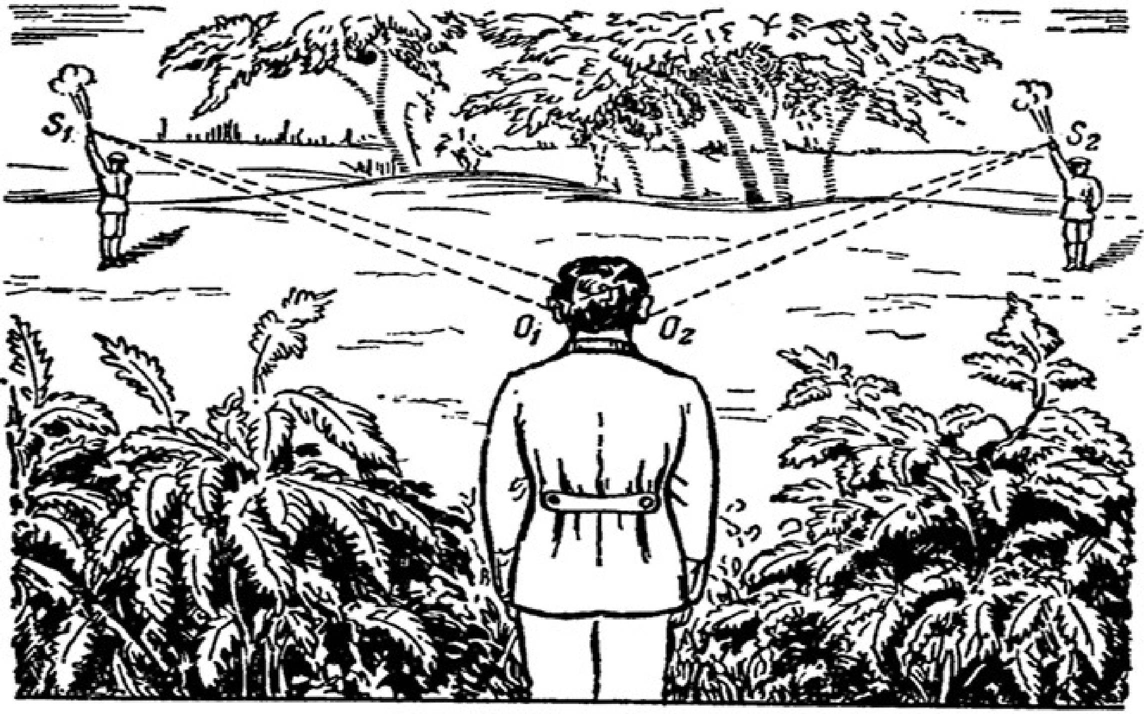
மேற்பகுதியிலிருந்து வந்தது. வீடு முழுவதையும் அது நிரப்பியதுபோல் தோன்றியது. அது நின்றுவிட்டது. பிறகு மீண்டும் கேட்டது. அதைக் கவனித்துக் கேட்பதற்காகக் கூடத்தினுள் சென்றேன். அது கேட்கவில்லை. மறுபடியும் அறைக்குள் வந்தவுடன் அது ஒலித்ததைக் கேட்டேன். முதலில் மெதுவாகவும் பின்னர் பலமாகவும் - பெருகி வரும் வெள்ளத்தைப் போல், அல்லது பயங்கரமான புயலைப்போல - கேட்டது. எல்லா இடங்களிலிருந்தும் வருவதாகத் தோன்றியது. திடுக்கிட்டது. திரும்பவும் கூடத்திற்குச் சென்றேன். ஆனால், அங்கே சென்றவுடன் அது கேட்கவில்லை. இரண்டாவது முறையாக அறைக்குத் திரும்பிய பிறகுதான் தரையின்மீது படுத்து உறங்கிக் கொண்டிருந்த ஒரு சிறு நாய்விட்ட மூச்சுதான் அவ்வாறு ஒலித்திருக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்தேன். இதில் குறிப்பிடத்தக்க முக்கிய விவரம் என்னவெனில், அது வேறொரு சத்தம் என்றே நினைக்கும்படி தோன்றியது; சற்றுமுன் கேட்ட ஒலியைப்போல் இல்லை அது."

இம்மாதிரி அநுபவம் ஏதாவது உங்களுக்கு ஏற்பட்டிருக்கிறதா? இம்மாதிரி நிகழ்ச்சிகளைப் பல தடவை நான் கவனித்திருக்கிறேன்.

வெட்டுக்கிளி எங்கே இருக்கிறது?

ஒலி எவ்வளவு தூரத்திலிருந்து வருகிறது என்பதை மதிப்பிடுவதில் அவ்வளவாக நாம் தவறு செய்வதில்லை; ஒலி எந்தத்திசையிலிருந்து வருகிறது என்பதை அறிவதில்தான் அடிக்கடி தவறு செய்கிறோம். துப்பாக்கி வெடி வெடிக்கப்பட்டது நமக்கு வலது புறத்திலா, இடது புறத்திலா என்பதைக் காதினால் எளிதில் கண்டுபிடித்துவிட முடிகிறது (படம் 154). ஆனால் அது வெடிக்கப்பட்டது நமக்கு முன்பக்கத்திலா, பின்பக்கத்திலா என்பைதக் கண்டுபிடிப்பது (படம் 155) சிரமாய் இருக்கிறது. நமக்கு முன்புறத்தில் வெடிக்கப்பட்ட வெடிச் சப்தம் பின்புறத்திலிருந்து வருவதாக அடிக்கடி நாம் எண்ணுகிறோம். அம்மாதிரி சந்தர்ப்பங்களில் நம்மால் சொல்லக்கூடியது எல்லாம் வெடிச் சத்தம் எவ்வளவு பலமாய்க் கேட்கிறது என்பதைப் பொறுத்து-அது காததூரத்திலிருந்து வருகிறதா, அண்மையிலிருந்து வருகிறதா என்பதைத்தான்.

இதோ சுவையான ஒரு பரிசோதனை. உங்கள் நண்பரின் கண்களைக் கட்டி, அறையின் மையத்தில் உட்காரச் சொல்லவும். தலையை எந்தப் பக்கமும் திருப்பாமல் அசையாது உட்கார்ந்திருக்கும்படி கூறவும். பிறகு,

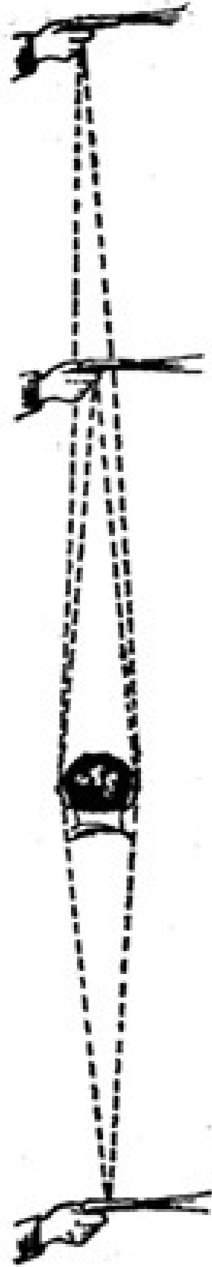


படம் 154. வெடி வெடிக்கப்பட்டது எங்கே? வலது பக்கத்திலா, இடது பக்கத்திலா?

உங்கள் நண்பரின் கண்களுக்கிடையே செல்லும் செங்குத்தான கற்பனைத் தளம் ஒன்றில் நீங்கள் நின்று கொண்டு இரண்டு காசுகளை எடுத்து அவற்றை ஒன்றோடொன்று தட்டவும். சத்தம் எவ்விடத்தில் செய்யப்பட்டது என்பதை ஊகிக்கும்படி உங்கள் நண்பரைக் கேட்கவும். உங்களைத் தவிர வேறு எல்லா இடங்களையும் அவர் காண்பிப்பார். ஆனால் நான் குறிப்பிட்ட அந்த சமச்சீரான தளத்திலிருந்து நீங்கள் விலகியவுடன் அவரது ஊகம் அதிக அளவிற்குச் சரியாயிருக்கும். ஏனெனில் உங்களுக்கு அருகில் இருக்கும் அவரது செவி சத்தத்தை சற்று முன்னதாகவும் பலமாகவும் கேட்கும்.

கிறீச்சிடும் வெட்டுக்கிளி எங்கிருக்கிறது என்பதைக் கண்டுபிடிப்பது ஏன் அவ்வளவு சிரமாமயிருக்கிறது என்பதை இப்பரிசோதனை விளக்குகிறது. உங்களுக்கு வலது புறத்தில் இரண்டு அடித் தள்ளி வெட்டுக்கிளியின் சத்தத்தைக் கேட்கிறீர்கள். தலையைத் திருப்பிப் பார்த்தால் எதுவும் தெரிவதில்லை; ஆனால் இப்போது அச்சத்தம் இடது பக்கத்திலிருந்து வருவதைக் கேட்கிறீர்கள். மீண்டும் தலையைத் திருப்பினால் பிறிதோர் இடத்திலிருந்து வருவதைக் கேட்கிறீர்கள். எவ்வளவுக்கெவ்வளவு வேமாகத் தலையைத் திருப்புகிறீர்களோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு வேகமாய், இந்த வெட்டுக்கிளி நகருவதாகக்

தோன்கிறது! உண்மையில், வெட்டுக்கிளி நகருவதில்லை; அது தத்திக் கொண்டிருப்பதாக நீங்கள் தான் கற்பனை செய்து கொண்டிருந்தீர்கள். ஒலியியல் மாயத் தோற்றம் ஒன்றினால் நீங்கள் ஏமாற்றப்பட்டுவிட்டீர்கள்! உங்கள் தவறு என்னவென்றால், உங்கள் தலையைத் திரும்பும்போது எல்லாம் வெட்டுக்கிளி அதன் சமச்சீரான தளத்தில் இருக்கும்படியே திருப்புகிறீர்கள். ஏற்கனவே கூறியபடி, இதனால் திசையைத் தீர்மானிப்பதில் தவறு நேர்ந்துவிடுகிறது. எனவே, வெட்டுக்கிளியையோ, பறைவயையோ கண்டுபிடிக்க வேண்டுமென்றால், சப்தம் வரும் திசையை நோக்கித் தலையைத் திருப்பாமல் தலையைப் பக்கவாட்டில் திருப்பவும். “காதைத் தீட்டிக்கொண்டு” கேட்கும்போது இதைத்தான் செய்கிறோம்.



படம் 155.
வெடிவெடிக்கப்பட்டது
எங்கே? முன்
புறத்திலலா, பின்
புறத்திலா?

நமது செவிகள் செய்யும் தந்திரங்கள்

கெட்டியான 'ரஸ்க்' (ரொட்டித்) துண்டைக் கடிக்கும் போது காது செவிடாகிவிடுவதைப் போன்ற சப்தத்தைக் கேட்கிறோம். ஆனால் அதையே செய்யும் நமது நண்பரிடமிருந்து எந்தச் சப்தமும் வரவில்லை. இது எப்படி? நாம் செய்யும் அச்சப்தத்தை நாம்தான் கேட்க முடியும்; அருகிலிருப்பவர்களுக்கு அது கேட்காது. இதில் முக்கியமான விவரம் என்னவென்றால், நெகிழ்வுடைய பிற பொருள்களைப் போலவே நமது தலையில் இருக்கும் எலும்புகளும் ஒலியை நன்கு கடத்துகின்றன. ஒலி செல்லும் ஊடகத்தின் அடர்த்தி அதிகமாயிருக்க இருக்க, அது அதிக அளவிற்குப் பலமாய்க் கேட்கிறது. நமது நண்பர் 'ரஸ்க்கைக்' கடிக்கும்போது ஏற்படும் ஒலி காற்றினூடே வருவதால் அது மெல்லியதாய் இருக்கின்றது; ஆனால், அதே ஒலி உங்களது தலையின் திடமான எலும்புகளினூடே வந்து செவி நரம்பை அடையும்போது இடியோசை போல் மாறுகிறது!

பின்வருமாறு செய்யவும். பைக்கடிகாரத்தின் வளையத்தைப் பற்களுக்கிடையில் வைத்துக் கொண்டு, உங்கள் செவிகளை மூடிக்கொள்ளவும். பெரும் சம்மட்டிகளினால் அடிப்பதைப்போல் கேட்கும் அளவிற்கு உங்கள் தலையின் எலும்புகள் கடிகாரத்தின் 'டிக்-டிக்' ஒலியைப் பெரிதாக்கிவிடும்.

மாபெரும் ஜெர்மானிய இசை அமைப்பாளர் பீத்ஹோவன், செவிடராகியபோது தமது கைத்தடியின் ஒரு முனையைப் பியானோ மீதும் மற்றொரு முனையைத் தமது பற்களுக்கிடையிலும் வைத்துக் கொண்டு பியானோவின் ஒலியைக் கேட்டாராம்! அங்ஙனமே, செவிடர்களும் அவர்களது உட்செவி பழுதுற்றிருக்காமல் நல்ல நிலையில் இருந்தால்-இசைக்குத் தகுந்தாற்போல் நாட்டியமாட முடியும். ஏனெனில், அந்த இசை தரை வழியாகவும் உடல் எலும்புகள் வழியாகவும் செவி நரம்பை அடைய முடியும்.

'வென்டிலோக்ஸிம்' (அதாவது, கேட்பவர் வேறு இடத்திலிருந்து வருவதாக நினைக்கும் வகையில் வாயை அசைக்காமலேயே ஒலிகளையும் பேச்சையும் உண்டாக்குவது) எனப்படும் ஜாலவித்தையும், அதைக் கொண்டு செய்யப்படும் "விந்தைகளும்" சற்றுமுன் விவரிக்கப்பட்ட விசித்திரச் செவிப்புலன் இயல்புகளை ஆதாரமாகக் கொண்டவையே.

'வென்ட்டிரிலோக்கிஸம்' உண்டாக்கும் மாயத் தோற்றம் கேட்கும் குரல் எங்கிருந்து வருகிறது என்பதையும் அது எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது என்பதையும் நம்மால் தீர்மானிக்க முடியாததையே முழுவதும் சார்ந்திருக்கிறது. சாதாரணமாக இதை நாம் தோராயமாகத்தான் செய்ய முடியும். பழக்கமில்லாத நிலைகளில் நாம் இருக்கும்போது, ஒலி எங்கிருந்து வருகிறது என்பதை சரிவர நம்மால் மதிப்பிட முடிவதில்லை. 'வென்ட்ரிலோக்கிஸ' வித்தைக்காரருடைய வித்தையைப் பார்த்தபோது (அதன் உண்மை எனக்கு மிகவும் நன்றாகத் தெரிந்திருந்தபோதிலும்) அம்மாயத் தோற்றத்தை என்னால் நம்பாமல் இருக்க முடியவில்லை!

